前　言

这里有必要介绍一下本书的范围、内容和表述方法。

有关“系统”和“系统论”的教科书、小册子、论文集等等已经很多。“系统科学”或诸如此类的学科正迅速地被列入大学的课程。这主要是由于广义的工程科学的发展，它适应了有关现代技术、人机关系、程序设计等等“系统”的复杂性的要求——这些要求是以往的技术所没有，而当代的复杂技术和社会结构所迫切需要的。在这个意义上讲，系统论主要是数学的一个分支，它提供了比较新颖、高度精巧的技术，它同计算机科学有着密切的联系，它主要是由解决已出现的一类新问题的需要决定的。

在这些重要的发展方面容易引起混淆的地方在于：系统论是个广泛的概念，它远远超出了技术问题和技术需要的范围，它是应一般科学，以及从物理、生物、行为科学、社会科学到哲学等学科的需要而对它们进行的重新定向。它已经在许多领域中取得了不同程度的成功和成果，并预示了影响重大的新的世界观。学习“系统科学”的学生接受的那种技术训练会使原来旨在克服当前过细的专业分工的系统论成为成百种理论专业的又一个理论专业。而且着重应用于计算机技术、控制论、自动化和系统工程的系统科学看来使得系统观念成为另一个，其实是，最终的这种技术使人和社会更加形成门福（Mumford）1967年对其历史发展作过深刻描述的那种“大机器”。

本书希望在两个方面有所贡献：为学习系统科学的学生开阔视野；向一般读者介绍这门学科的发展全貌，它在当今世界是十分显著和重要的。虽然作者本人深感自己的局限和不足，但仍觉得有权这样做。因为他曾是目前已成为重要的研究与应用领域的一般系统论的最初的引进者之一。

1965年西蒙（Simon）曾正确指出，对于正在迅速发展的领域，应重点介绍它的概念发展历史。因此，本书收集了大约三十年间的研究著作也许还是很合适的。这样，本书不是把系统论当作一种僵硬的教条来介绍(目前它也确实不是这样一种教条)，而是介绍它的概念的变化和发展情况。我们希望这样的介绍能为进一步学习和研究打下基础。

为此，我们主要依据逻辑的而不是年月的顺序来排列这些著作，并且作了仔细的编辑工作。但编辑工作仅限于避免重复、文字上稍作润色和内容上适当剪裁。我们故意没有用最近的成果去更改它们的内容。当然重复也不能完全避免,只能适可而止，因为不同的文义有时会有类似的思想。这些重复之处甚至对那些想要了解一般概念和它在专门领域中应用情况的学生来说，也是没有好处的。

资料来源已在下面的“致谢”中列出清单。由于需要评价材料的主次，下面介绍若干重要资料。第5章（1940年）介绍了“作为开放系统的生物学理论”。这篇著作和1939年布尔顿（Burton）的著述一起最早描述了后来日益受到重用的概念。这篇著作迄今不为英美科学家所知，所以全文重刊，尽管第7章（1964年）和第6章（1967年）已经部分谈到它应当补充的许多新的发现。同样，1945年第一次宣布一般系统论的文章也略加删节重排为第3章。附录中重刊的1947年发表的一次讲话的评论是系统论之类术语在学术界与技术界出现之前很久的论文。第2章是用非技术语言介绍的评论文章（1956年)。第1.4章则反映这方面的最新成就。

作者希望对赞助本书的个人和机关谨致谢忱。谢谢乔治·布拉吉勒公司编辑乔治·勃兰特尔（Brantl）博士对本文出版提供了编辑工作上的有力协助。衷心感谢资料来源清单上所载著述第一次发表时的编者和出版者许可本书引用。国家研究委员会、加拿大国家癌症研究院、加拿大协会、阿伯塔大学一般研究委员会等等机关单位都对本书内容提供了研究经费和其它支持。作者的

秘书伊丽莎白·格仑道（Grundau）女士处理手稿、查书编目、翻译德文资料，大大提前了进度。同样感谢我的妻子玛莉亚·冯·贝塔兰菲对文稿提供的帮助和意见。若没有同事们的大力协助，作者面对困难与障碍，很难坚持引进和发展一般系统论的工作。

路德维希·冯·贝塔兰菲

加拿大　埃德蒙顿　阿伯塔大学　1968年3月

修订版前言

在本书出版后几年的时间里，一般系统论有了重大的发展。因此，我想趁修订版的机会从目前角度谈点看法。

一般系统论是我三十年前提出的术语。此后一般系统论——或用其它类似名称——已成为公认的学科。大学课程、教科书、书籍、期刊、会议、工作组、中心和其它机构都已把它作为讲授和研究的一个学术领域。这样，我对一个“新学科”的假定已经成为现实。

现在已出现了本书现在要谈的许多新的发展。系统的观点已经渗入许许多多科技领域，并证明是必不可少的了。这一点，以及它代表着科学思维的新“范例”（用托马斯·库恩〔Thomas Kuhn〕的说法）这一事实也说明系统的概念可以根据研究目的用不同方法进行定义和研究，以反映同一个中心问题的各个侧面。

在这种情况下，可以用两种方法来介绍这个领域。一种是选择一个现成的模型和系统定义，并严密推导出理论。这种方法是现成的，下面要引用几个例子。

另一种是本书采用的方法，那就是从各个学科中出现的问题着手，说明系统观点的必要性，然后用实例或详或简地介绍。这样做不提出严密的理论，所用的例子可以更换，即说明的时候可以用别的、更好的例子。但据作者的经验——从本书得到广泛赞同来看，也是其它人的经验——这种全面的观点能给学生以新的思维方法的一种恰当的入门指导，他们将会乐于接受。同时也能向高级学者提供进一步研究的出发点。这一点已由许多人从本书获得灵感而证实。

一位有资格的人批评（1969年罗伯特·罗生〔Robert Rosen〕在164号“科学”第681页上）说本书有“一点必须改正的惊人的

时代错误”——有些篇章甚至是三十年前的材料。这恰恰是高度的赞扬，因为现在有许多科学专著往往刚出版就“需要修改”。这并不是批评者所说的巧妙编辑的结果（实际上编辑工作仅限于略作文体上的改善），而显然是作者做“对”了，就是说作者打下了扎实的基础并正确地预测了未来的发展。例如，读者可以考虑本书“科学中的同形性”一节中所列的系统问题。这些（以及其它）问题现在是由动态系统理论和控制理论回答的。本书介绍同形性规律用的是简单的说明性的例子，但也能用于数学上不简单的复杂问题。例如，“……这是明显的事实：生物系统象中枢神经系统一样多种多样，细胞中的生物化学调节网状组织则非常类似……当我们认识到不同系统在生物组织的不同层次之间的这种特定的类似性不过是一大批这种类似性之一的时候，同形性规律就更突出了。”（罗生，1967年）。

本书从更为一般的角度用很多例子来说明“不同领域中一般认识原理的平行性”。但不能因此预见一般系统论将在现代地理学的定向中起相当重要的作用，也不能说明它与法国结构学派（例如皮亚杰〔Piaget〕、莱维-施特劳斯〔Levi—Strauss〕）平行，而且会给美国社会学的功能学派以重大影响。

随着系统思维与研究的不断扩大，一般系统论的定义也在不断发展之中。因此指出它的含义和范围可能比较合适。本书作者采用的术语“一般系统论”从普遍意义上说是审慎的。当然人们可以把它限制在“技术”含义上，作为一种数学理论（通常是这么做的），但从下列事实看来并不可取：因为有许多需要“理论”的“系统”问题不能用现有的数学方法来解决。所以“一般系统论”的名称在这里按广义使用，就象我们谈及“进化论”一样，它可以包括挖掘化石、解剖学和选择的数学理论等之间的一切。又如“行为理论”可以从保护鸟类扩展到复杂的神经生理学。这涉及到引进一种新的范例。

放宽来说，下面我们可以提出三个主要方面——它们的目的不同但内容不可分割。第一个方面是“系统科学”，即探索各种

科学（例如物理、生物、心理学、社会科学）中的“系统”的理论和科学，而一般系统论作为原理可用于所有系统（或其中一定的小类）。

科学思维有了崭新的内容。古典科学中有许多学科，如化学、生物、心理学或社会科学，它们试图把要考查的宇宙的各个元素割裂开来——化合物和酶、细胞、基本的感觉、自由竞争的个人，诸如此类—希望把它们从概念或实验上重新放在一起会成为可以理解的整体或系统——细胞、头脑、社会。现在我们已经懂得需要了解的不只是元素，还有它们的相互关系：细胞里各种酶的关系，有意识和无意识的心理过程的关系，社会系统的结构和动态，等等。这就要求探索宇宙间各系统的性质和特征。另外，还存在一般性的问题，“系统”所共有的对应性(Correspondences)和同形性（isomorphisms)。这是一般系统论的领域。完全不同的“系统”之间出现了这种平行性或同形性有时很惊人。因此，一般系统论对“整体”和“整体性”进行科学探索，而这在不久前还被认为是超出科学的各个边界的形而上学观念。为处理这些问题发展出许多新的概念、模型和数学，例如动态系统理论、控制论、自动装置理论、以及用集论、网络理论、图论作为工具的系统分析等。

第二个领域是“系统技术”，即现代技术和社会产生的问题，包括两个方面：计算机、自动装置、自动调节机械等的“硬件”和新的理论成果和学科的“软件”。

现代技术和社会很复杂，传统的方法和手段已经不够用了，需要整体或系统的方法、需要通才或具有多学科知识的人。很多问题属于这种情况。各级系统都要求施以科学的控制：若被破坏会发生严重污染问题的生态系统；国家机关、教育机构或军队等正式组织；社会经济系统、国际关系、政治和威慑中产生的重大问题。且不管科学的认识能有多深（相反，文化和历史事件是许可不合理的），科学的控制能实行到什么程度，或甚至要求到什么程度，但实质上存在“系统”问题即关于大量“变量”的相互

关系问题是不容争议的。对产业、商业和战备等较狭小的目标来说也是如此。技术上的要求导致出现需要创建具有新的基本观点的新概念和学科，比如控制论、信息论、对策论、决策论、回路理论与排队论等等。这里一般的特点仍然在于上述事物是特定和具体技术问题的产物，但模型、概念、原理（例如信息概念、反馈、控制、稳定性、回路理论等）已经远远超出专门家的业务范围，具有跨学科的性质，并且独立于他们的专业知识。例如机械、流体动力、电气、生物等系统的同形性反馈模型。同样，来自纯科学和应用科学的发展也象动态系统理论和控制论那样有趋同现象。另外，还有象高度微妙的数学理论以及计算机模拟等可以定量处理缺乏解析解法的变量问题，还有一些需要或多或少的非形式探讨的系统问题。

第三是系统哲学，即由于将“系统”作为一个新的科学范例引进以后，（与古典科学的分析、机械、单向因果关系的范例不同），思想和世界观要重新定向。和每一种范围较大的科学理论一样，一般系统论有它的“超科学”或哲学性的方面。“系统”的概念按托马斯·库恩的用语，是一种新的“范例”，或者按本书作者1967年的提法，是“新的自然哲学”，把机械论世界观所说的“盲目的自然规律”以及一个白痴当做莎士比亚故事讲的世界过程与认为世界是“一个大的组织”的有机体观点对比。

系统哲学主要可以分成三个部分。第一个是必须找出“野兽的自然”。这就是系统本体论——“系统”是什么意思，在各层次被考察的系统如何实现。

系统应如何定义和描述的问题没有明显和简单的答案。可以同意，星系、狗、细胞和原子都是实际系统，这是可以观察感知或推断的实体，它不依赖观察者而存在。另一方面还有例如逻辑、数学（也包括音乐）这样的概念系统，它们主要是符号性的思维产物；它的子类是抽象系统（科学），即同实际对应的概念系统。

但是差别并不那么明显。比如当我们不幸经受生态系统被污

染扰乱，或者社会给我们提出许多难题的时候，我们会感到生态系统和社会系统完全是“现实的”。但这些并不是感觉或直接观察的对象；它们是概念的东西。属于同样情况的还有许多日常对象，它们不是作为感官材料或简单的感觉“给出的”，而实际上是通过从格式塔动力学（gestalt dynamics）和学习过程到语言与文化因素等大量“精神的”因素，是这些东西决定我们实际“看”或感觉到了什么。因此，不能根据任何常识来理解“实际”对象和被观察的系统以及“概念”产物和系统之间的区别。这些是只能从这个角度才能说明的更深入的问题。

从而第二部分是系统认识论。问题已经很清楚，尽管科学态度相同，系统认识论同逻辑实证论或经验论确有很大的差别。逻辑实证论的认识论（和形而上学）由物理主义、原子论和知识的“照相机理论”所决定。从今天的知识来看，这些都陈旧了。与物理主义、简化论不同，生物学、行为科学和社会科学中出现的问题和思维方式要求相适应的考虑，不能简单地“简化”为基本粒子，也不能用普通的物理定律。同古典科学中运用分解为组成要素的分析方法以及单向或线性因果关系的基本范畴相比，对许多变量组织成的整体的调查要求有新的范畴：相互作用、处理、自组织、目的论等，还有认识论、数学模型与技术带来的许多问题。而且，感觉不是“实际事物”（不管从形而上学的角度看如何）的反映，知识也不是“真理”或“真实”的简单近似。它是知觉者和已知事物之间的一种相互作用，是决定于生物、心理、文化、语言等的性质的要素的复合体。物理学本身认为没有象微粒或波那样独立于观察者而存在的最终的实体。这将导致一种“透视的”哲学，对这种哲学来说，物理学尽管在它本身和相关的领域有许多成就，但不是垄断性的认识途径。和简化论以及宣布实际世界“不过是”（一堆物理粒子、基因、反射、驱动、等等）的理论不同的是，我们把科学看成是“透视”之一，具有生物、文化、语言等方面天赋和限制的人天生是要对付他被“扔进去的”宇宙，或者更确切些，由于进化和历史的原因，他

适应了宇宙。

系统哲学的第三部分涉及人和世界的关系或哲学用语所说的“价值”。如果现实是一个有组织的整体的递阶体系，人们的印象将不同于由作为最终和唯一“真实的”实际的随机事件所支配的物理粒子的世界。相反，符号、价值、社会实体和文化倒是非常“实际的”；而把它放进宇宙递阶体系就可以在科学和人文学科、技术和历史、自然科学和社会科学(或以其它方式举出的对立物）等斯诺（C. P. Snow）的“两种文化”之间架起桥梁。

我所理解的关心人类的一般系统论和有关机械的系统论不同，后者只涉及数学、反馈和技术。这就带来一种担心，怕系统论真是走向机械化和降低人的价值、走向专家政治社会的最后一步。尽管了解并强调数学、纯理论科学和应用科学的方面，我认为如果不把一般系统论局限在有限的、零星的角度，就不能回避这些人文问题。

用本书作为一般系统论的入门也许还有一个理由。教科书的表述方法要求走一条数学和科学上都是正确的简捷而狭窄的道路。“技术的”说明很必要，毋须细说。但本书要介绍一般系统论所包含的更多的问题。

行文中引用的资料来源已经是一张不小的书目，此外本书还有一个针对学生的推荐读物的目录。更具体地说，下列较新的出版物中的有同本书主题有关的内容。在《一般系统论的趋向》(克列尔〔G·Klir〕编）和《经由多样性的统一》（格莱〔W·Gray〕和列佐〔N·Rizzo〕编，《纪念冯·贝塔兰菲文集》，特别是第Ⅱ、Ⅳ卷）这两本书是讨论一般系统论的各种方法的。罗伯特·罗生(Robert Rosen）的《动态系统论》是发展了这个题目的内容的。对动态系统论和开放系统论（按本书作者观点）作了杰出描述的有贝尔（W·Beier）的《生物物理学》（英文版）。使理论公理化的有克列尔（G·Klir）的《一般系统论入门》。从控制技术观点研究系统论的可以看施瓦茨（H·Schwarz）的《现代系统论导论》。在人文科学方面的系统论中，重要的有：《一般系统论

和精神病学》(格莱〔W·Gray〕；道尔〔F·D·Duhl〕和列佐〔N·Rizzo〕等人编)；《行为科学家的现代系统研究》(巴克莱〔W·Buckley〕编)；《系统、变化和冲突》(迪莫拉斯〔N·J·Demerath〕和彼德逊〔R.A.Peterson〕编)。拉兹罗(Laszlo)的《系统哲学导论》研究了系统哲学。

初版内容除了校正印刷错误外没有变动，只是增加了新版前言，附录“数学系统论的发展”和建议阅读的材料。希望本书对学生的入门有更多帮助，对一般系统论工作者有所促进。

目 录

1. 引　　言

处处是系统

注意流行概念和时髦用语的人会发现，现在“系统”很吃香。系统的概念已经普及到一切科学领域并已渗透到日常的思维、言谈和一般性宣传之中。系统思想在从生产企业、军队到纯科学的深奥课题的广阔领域中起着支配的作用。为此，专门出版了大量材料，举行了会议、讨论和开设了课程。最近几年出现了许多以系统设计、系统分析、系统工程等等命名的职业和工作，这些在不久前人们还一无所知。它们是一种新技术和技术统治的真正核心；从事这方面工作的人是当代的“新的乌托邦主义者”（伯格斯劳（Boguslaw, 1965年），他们和许多其思想埋藏在书籍中的古典乌托邦主义者不同，正在勇敢地创造新世界。

它的发展来由很复杂。其中一个来自从动力工程（即释放大量能量的蒸汽机或电动机）到控制工程（用低动力装置控制某些过程并引入计算机和自动装置）的发展。出现了自动控制的机器——从低级的家用冰箱到二次大战的导弹和今天的高级导弹。技术已经发展到使人们不能按单个机器而要用“系统”去思维的程度了。受过专业训练的工程师能造蒸汽机、汽车、收音机，但是要造弹道导弹或空间飞行器就必须把用机械、电子、化学、等等不同技术造就的零件装配在一起；这里要考虑人的关系、人和机器的关系；还要考虑金融、经济、社会和政治等广泛得多的问题。同样，空中交通甚至汽车交通也已经不只是使用交通工具的问题，而是一个有待计划和安排的系统。因此生产、商业、军事中都出现了许多问题。

于是“系统方法”就应运而生了。提出一定的目标；为寻找实现目标的方法和手段就要求系统专家（或专家组）在极复杂的相互关系网中按最大效益和最小费用的标准去考虑不同解决方案并选出可能的最优方案。这就要求大大超过单个数学家能力的复杂技术和计算机来解决问题。计算机、自动化设备和自动控制设备的“硬件”和系统科学的“软件”都是新技术。这就是所谓的第二次产业革命，并且只是前几十年才发展起来的。

这些发展不限于工业和军事的复合体。政治家也常用“系统方法”来解决诸如空气和水的污染、交通拥塞、城市衰落、青少年犯罪和有组织的作案、城市计划等问题（沃夫〔Wolfe〕1967年）；把它叫做一种“革命的新概念”（卡特〔arter〕1966年；布费〔Boffey〕1967年）。一位加拿大总理（曼宁〔Manning〕1967年）把系统方法纳入了他的政治演说：

> 社会的所有元素和成分之间存在一种相互关系。公共问题、争议、政策和计划中的基本要素通常应作为整个系统中相互依存的部分来考虑和估价。

如果不是为了有一个重要因素在计算机科学、系统工程和有关领域等高度复杂和需专门化的技术中易被忽视，以上所述只是当代技术社会许多变革的一个方面。这不单是技术中一种把事物搞得更大更好（或者另一个方面，更有利、更有破坏力，或两者兼而有之）的趋势，这是基本思想范畴的一个变革——现代技术的复杂性不是它的唯一（也不一定是最重要的）表现形式。这样或那样的压力迫使我们必须处理所有知识领域中的复杂事物、“整体”或“系统”。这涉及科学思维的重新定向。

不可能概括“系统”的影响，而且这样会使本书的思路有先入为主的色彩。信手拈来的少数例子就足以概括问题的性质和随之而来的重新定向。请读者原谅我摘引资料时有为我所用的缺点，因为本书主要是提出作者的观点而不是客观综述这个领域。

大家都知道，过去几十年物理学有重大进展，但也遇到了新问题或新型问题。外行感到最明显的可能是数目不确定的几百

个基本粒子的情况，现代物理学还不能提供什么秩序和理由。按著名代表人物（戴沙立特（de-Shalitc, 1966年)的说法，核子物理学的进一步发展“有待于大量的实验工作和处理有众多（不是无限)粒子系统的有效新方法的发展。”伟大的生理学象赞特-乔治（A・Szent-Györgyi, 1964年)以一种古怪的方式提出了同样的要求：

〔在我参加普林斯顿高级研究院之后〕我希望通过同这些伟大的原子物理学家与数学家亲密合作能了解生物。但我一旦说明，任何生命系统都有两个以上的电子，物理学家不愿和我说话。所有计算机都用上了，他们也说不清第三个电子是怎么回事。奇怪的是它必然明确知道它起什么作用。因此小小的电子知道那些所有普林斯顿的聪明人所不知道的事，而且这事必定是非常简单的。

而几年前伯纳尔（Bernal, 1957年）这样叙述了尚未解决的问题：

没有一个了解当前困难的人会相信，用简单办法或者将现有理论进行修改就可以挽救物理学的危机。需要根本性的变革，而且这些变革将大大超出物理学的范围。新的世界观正在形成，但在它定型之前还需要很多试验和争论。它必须自圆其说，它必须包括并说明基本粒子及其复杂场的新知识，它必须解释波和粒子的悖论，它必须使原子里的世界和广阔的宇宙空间同样能够理解。它必须具有不同于所有以往的世界观的维度，而且本身包含有关新事物的起源和发展的说明。在这方面它自然会与生物学、社会科学的趋同倾向一致——这两门学科中都将一个正规的模式同它们的演进历史融合在一起。

分子生物学最近几年的胜利、遗传密码的“破译”、从而在遗传学、进化、医学、细胞生理学和许多其它领域获得的成就，已经变成了常识。但尽管——或正是由于——“分子”生物学有了深入的发现，“有机体”生物学，正如作者四十年前所提倡的，才显得更加必要。生物学关心的不只是物理-化学或分子这一层，还有更高层的生命组织。考虑最新的事实和情况，已经更为必要了（这一点下面还要谈）。但没有增加一个过去未讨论过的论点。（冯·贝塔兰菲，1928年a，1932年，1949年a，1960年。）

同样，心理学基本概念的提出以往常常是基于“机器人模型”。行为用机械的刺激-反应（S-R）模式来解释；按照动物试验的模式，条件作用成了人类行为的基础；“含义”为条件反射所取代；人类行为的特性被否定了，等等。大约五十年前形成（Gestalt）心理学第一次冲进了机械的模式。最近，出现许多创造更满意的“人的形象”的尝试，系统概念正在受到重视（第8章）；例如，皮亚杰（Piaget）“明显地把他的概念同贝塔兰菲的一般系统论挂钩”（哈恩〔Hahn〕1967年）。

精神病学可能比心理学还要多地采用了系统观点（例如，曼宁格〔Menninger〕1963年；冯·贝塔兰菲〔Von Bertalanffy〕，1966年；格林克〔Grinker〕1967；格莱〔Gray〕等人，1969年）。格林克是这样说的：

在所谓的全局理论中，其中贝塔兰菲1947年用“一般系统论”的名字首次提出定义的一种已经站住了……从那时起他改善、修改并应用了他的概念，建立了一般系统论的学会，出版了《一般系统论年签》。许多社会科学家，但只有少数精神病专家研究、理解并应用了系统论。后来突然在波士顿的格雷（William Gray）博士领导之下有了个开头，因此1966年美国精神病协会122届年会上举行两次会议来讨论这个理论并规定将来精神病专家要定期开会来参予研究这个“人类行为的统一理论”。如果有什么第三次革命（即在精神

分析学和行为主义革命之后)，那就是一般〔系统〕论的发展了（第ix页)。

最近一次会议（1967年美国精神病协会）描绘了一幅鲜明的图画：

如果挤满1,500人的大厅里，一个上午都有几百人站着听会，主题必定对听众有强烈的吸引力。这就是美国精神病协会底特律会议关于一般系统论在精神病中应用专题讨论会的情况（戴木德〔Damude〕，1967年)。

在社会科学中也是如此。从多种多样的、充满混乱和矛盾的现代社会学理论（索洛金（Sorokin)，1928年，1966年）中出现一个可靠的结论：社会现象必须作为"系统"来考虑——虽则社会文化实体的定义可能困难而且至今没有定下。已经从

一般系统研究活动中（产生）一种革命性的科学观点，它的丰富的原理、思想、见解已经为生物学、心理学、物理学等许多领域带来更高的科学秩序和更深入的了解。现代系统研究能够提供更能恰当处理社会文化系统的复杂性和动态特性的基础结构（伯克莱〔Buckley〕，1967年)。

当代诸多事件的进程告诉我们历史学中也有类似的概念。其中有这样一种考虑：总之历史是形成中的或"纵向"研究中的社会学。对同样的社会-文化实体，社会学研究它们的现状，历史研究其由来。

历史研究的早期阶段通过归罪于暴君的暴行和蠢举、凶残的独裁者、无知、迷信、物质缺乏和有关因素来安慰自己。结果，历史属于"谁干了什么"型——在专门术语上称为"个人标记"型。因此三十年战争是宗教迷信和日耳曼诸王对抗的结果；拿破仑倾复欧洲是由于他狂妄的野心；第二次世界大战可以指责希特勒的凶

恶和德国人好战。

我们已经失去这种理智上的慰藉。在民主国家中，教育普及，普遍富裕，这种过去的人的暴行的理由悲惨地失败了。细想当代历史的形成，很难把它的不合理和兽行仅仅归到某些个人（除非我们赋予他们做坏事、蠢事的超人——或次人的能力）。相反，我们似乎是“历史力”——不管它的含义是什么——的牺牲品。事件似乎不仅涉及个人的决策和行动，而更多地是由社会-文化的“系统”来决定，不论这些系统是偏见、意识形态、压力集团、社会趋势、文明的成长和衰朽，等等。我们精确地、科学地了解污染、自然资源的浪费、人口爆炸、军备竞赛等会有什么影响。每天都有掌握雄辩论据的无数的批评家告诉我们这些问题。但国家领导人和整个社会看来都不能为此做点事。如果我们不需要有神论的解释，那么可能我们正在遵守某种悲剧性的历史的必然。

尽管认识到文明之类的概念很含糊，斯宾格勒（Spengler）和汤因比（Toynbee）等人的“大理论”有缺陷，社会-文化系统的规律性或者规律还是有意义的，虽然这不一定意味着是按艾赛亚·伯林（Isaiah Berlin）爵士讲的那种历史的必然性。麦克尼尔（McNeill）的历史概论《西方的崛起》（1963年）从题目上看都是反对斯宾格勒的，但不失为对历史系统的描写。这种概念渗入到了似乎无关的领域，以至“考古学的进程学派”观点被认为“是从贝塔兰菲用于发育中的胚胎的骨架借来的，其中系统在关键时刻激发行为并且一旦激发就不能返回原来模式”（弗兰纳利〔Flannery，1967年〕）。

社会学（可能还有历史）是解决非正式组织的问题的。最近还有一项发展是正式组织，那例如军队、官僚机构、商业企业等有计划组成的结构的理论。这种理论“建立在这样一种哲学之上，它接受的前题是研究组织的唯一有用的办法是把它作为系统来研究”，把“织组作为相互依存的变量所组成的系统来研究”的系统分析；因此“现代组织理论几乎必然要导致讨论一般系统论”（司

各脱〔Scott〕1963年)。按一个运筹学专家的说法是，

> 过去二十年我们目睹"系统"作为科学研究中的关键概念出现了。当然，系统已经研究了几个世纪，但增加了新东西……把系统作为一个整体而不是各部分的混合来研究的趋势和现代科学的下列趋势一致：它不再从狭窄的含义上去孤立现象，而是揭示要考察的相互作用并研究越越来越大的一部分自然界。在系统研究（和它的许多同义词）的大旗下我们也眼见许多比较专门的当代科学成果的趋同现象。……这些研究工作和其他许多研究工作交织成包含越来越多的科技学科的合作研究工作，我们正在参加可能是为将已有的科学知识综合起来的最包罗万象的工作（艾考夫〔Ackoff〕1959年)。

绕一个圈又回来了，我们又回到开头讲的那些当代技术社会的发展。从以上考虑（不论多么粗略和肤浅）所能够引伸的是全部现代科学和生活都需要新概念、新思想和新范畴，而这些都以种种方式围绕着"系统"的概念。改换个方向，我们看看苏联人是怎么说的，

> 精心探索系统研究的专门方法是当前科学知识的总趋势，正如十九世纪的科学的特点是主要集中注意研究自然的基本形式和过程一样(列瓦达〔Leweda〕在哈恩〔Hahn〕1967年一书的第185页所说)。

常有人指出，这个新发展的危险性是明显的。按心理疗法专家鲁斯希（Ruesch）的说法是，新的控制论世界不关心人，只关心"系统"；人成了可以替换、可以消耗的东西。用伯格斯劳（Boguslaw，1965年）的措辞是，对系统工程的新乌托邦来说，"人的元素"正好是他们的创造物当中的不可靠的零件。它要么彻

底被消灭并由计算机硬件、自动调节机械之类所取代，要么做得尽可能地可靠，也就是要机械化、听话、受控制和标准化。说得难听一点，人在大系统中要成为——在很大程度上已经成为——低能者，按电钮的人或者有学问的白痴，也就是受过很多有关狭窄专业的培训，但在其它方面只是机器的一个部分。这与一个著名的逐渐机械化的系统原理一致：个人越来越变成少数特权领导人、庸人、骗子所操纵的齿轮——这些家伙在意识形态的烟幕下面谋取私利（索洛金〔Sorokin〕1966年）。不管我们是否看到扩大知识的好处和可以有利地控制环境和社会，还是在系统的运动中看到"勇敢的新世界和1984年"的到来，它值得大力研究，而且我们不得不与之妥协。

关于系统论的历史

我们已经看到，在所有主要的领域（从逊原子物理到历史）有了一个一致意见：科学应当重新定向了。现代技术的发展是同这个趋势一致的。

可以肯定，"一般系统论"的思想是本书作者在控制论、系统工程和相关领域出现之前首先提出的。他怎样产生这个概念的问题要在本书的另一处简单介绍，但从近来的讨论看也有必要在这里详加说明。

与其他学科中的每一种新思想一样，系统概念也有很长的历史。虽然没有强调"系统"这个术语，但这个概念在其发展历史上用过许多辉煌的名字。作为"自然哲学"，我们可以追溯到莱布尼兹（Leibniz），追溯到尼古拉（Nicholas of Cusa）和他的"对立物的统一"，到帕拉赛塞斯（Paracelsus）的神药，到维科（Vico）和伊本-卡尔顿（ibn-Khaldun）的认为历史是文化实体或"系统"的一个序列，到马克思和黑格尔的辩证法——只举大量思想家中少数几个。文学鉴赏家会记得尼古拉的《有学问的无知》（1463年，参见冯·贝塔兰菲的1928年b）和赫尔曼·海斯（Hermann

Hesse）的《玻璃珠游戏》，它们都看到了反映在巧妙设计的抽象游戏中的世界的活动。

在一般系统论方面，过去有少数初步的工作。科勒（Köhler）的"物理形式"（1924年）指出了这个方向，但讨论问题的广度不够，只限于在物理学中处理形式（以及在这个基础上看来可能解释的生物学和心理学的现象）。在一本后来的著作里，科勒（1927年）提出了系统论的假设，目的是详细说明同有机系统比较的无机系统的最一般的特性；在一定程度上，这个要求由开放系统的理论满足了。洛特卡（Lotka）的经典著作（1925年）离这个目标最近，我们很感激他的基本描述。洛特卡确实接触了系统的一般概念（不是象科勒那样局限在物理学的系统）。但洛特卡是个统计学家，他的兴趣在于总数问题而不在个别生物的生物学问题，奇怪的是他把社会看作系统，而把个别生物看成是细胞的总和。

当然，系统方法的必要性和可行性是最近才明朗的。它之所以必要是由于机械论的孤立的因果链不足以处理理论问题（特别是生物、社会科学），也不能处理现代技术提出的实际问题。它之所以可行是由于各种新的发展成果（理论的、认识论的、数学的，等等），这些虽刚刚开始，但在逐步实现。

本书作者在二十年代初期就为生物学中的研究工作和理论上的明显的空白而烦恼。刚才提到的、当时流行的机械论方法忽视或者否定生命现象中本质的东西。他在生物学中提倡有机组织的概念，强调把生物作为一个整体或系统来考虑。他还看到生物科学的主要目标在于发现各层次组织的原理。作者初次的说明是在1925～26年，而怀特黑德（Whitehead）的"有机的机制"哲学出版于1925年。坎农（Cannon）关于自动平衡的著作出现于1929和1932年。有机组织的概念最早来自克劳德·伯纳德（Claude Bernard）但他的著作只有法国人知道，现在还需要全面估价（见伯纳尔〔Bernal〕1957年第960页）。不同的国家同时独立出现类似的思想是一种新趋势的征象，但需要时间去承认它。

这些看法因最近几年美国权威生物学家（杜鲍斯〔Dubos〕，

1964年；多布赞斯基(Dobzhansky)，1966年；康曼诺尔〔Commoner〕，1961年）重新强调"有机体生物学"而得到发展。他们虽没有提到作者较早的著作，但它被欧洲和社会主义国家的文献认可了（例如，安格勒尔〔Ungerer〕，1966年；布兰底诺〔Blandino〕，1960年；特里比诺〔Tribiño〕，1946；卡纳耶夫〔Kanaev〕，1966年；卡马列特〔Kamarýt〕1961，1963年；班德曼〔Bendmann〕，1963，1967；阿芳纳斯究〔Afanasjew〕，1962年）。可以肯定，最近的讨论（例如纳格尔〔Nagel〕，1961年；亨派尔〔Hempel〕，1965年；贝克纳〔Beckner〕，1959年；史密斯〔Smith〕，1966年；斯卡夫纳〔Schaffner〕，1967年）尽管自然地涉及到了前四十年生物学的进展，但没有增加任何能同作者的工作相比的新观点。

在哲学上，作者所受的教育是施立克（Moritz Schlick）一派（后来以维也纳集团著称）的新实证主义传统。但他的兴趣显然是在德国的神秘主义、斯宾格勒的历史相对主义和艺术史，以及类似的非正统态度妨碍他成为一个好的实证主义者。他同二十年代"经验哲学学会"的柏林小组关系密切，其中的著名人物是哲学家兼物理学家汉斯·李钦贝赫（Hans Reichenbach）、心理学家赫兹堡（A·Herzberg）、工程师帕斯瓦（Parseval，可操纵飞机的发明人）。

开放系统的理论得到了发展——一方面同新陈代谢和生长的实验相结合，一方面同实现有机体研究计划的努力相联系——因为生物是一个开放系统，而在当时缺少理论。首次的阐述是根据本书（第5章）要介绍的一些试验。于是生物物理学要求通过推广动力学原理和热力学理论——后者不久变成不可逆热力学——来扩大普通的物理学理论。

但在当时出现了进一步的一般化势头。生物学、行为科学和社会科学的许多现象中应用了数学方程和模型。这些显然不属于物理学和化学，而在这个意义上是超越了作为"精密科学"的典范物理学。（顺便说一句，本文作者继斯卡斯尔(Schaxel)原来的《理论生物学丛刊》，创办《精密生物学丛刊》的工作，因战争停下了。）

这些模型的结构上的相似和它们在不同领域中显示出的同形性已很明显；而且正是秩序、组织、全体、目的论等等问题成了中心，机械论科学则有意排除它们。这在当时就是“一般系统论”的思想。

时间对这样的发展并不利。人们都认为生物学是实验室里的工作，而作者在发表《理论生物学》（1932年）——这是最近才得到学术上的尊敬的另一领域——之后已经处于困难境地。现在这个学科有许多期刊论文而且构建模型已经流行，很难想象当时是怎么反对这些思想的。为了进一步确定一般系统论的概念，有名的维也纳精神病学家奥托·波兹尔（Otto Pötzl）教授帮助作者克服障碍发表了一篇论文（见本书第3章）。但命运又来干予了。（《德国哲学杂志》上的）这篇文章已经到了校样阶段，但由于上次战争而未能出版。战后一般系统论已出现在课程里（见附录），物理学家对此展开了讨论（冯·贝塔兰菲，1948年a），还有许多课程和讨论会探讨了这个问题（例如冯·贝塔兰菲等人，1951年）。

许多人对系统论的提出表示怀疑，认为是幻想、是妄为。有人认为这个理论不值一谈，因为所谓的同形性问题不过是老生常谈的一个例子，数学就是可以用于各种事物的。它不比“发现”2+2=4适用于苹果、美元、星系等等高明多少。有人认为它是虚假的、骗人的，因为表面上的类似——就象把社会比做一个“生物”那样的有名的直喻——掩盖了实际的差别，并且导致错误的、甚至是道德上不能容忍的结论。或者认为在哲学上和方法论上都站不住，因为宣布较高层次“不能简化”为较低层次就会妨碍在各个领域已经取得明显成功的分析的研究方法，例如化学可以简化为物理定理，生命现象可以简化为分子生物学。

大家逐渐认识到这样的指责弄错了系统论主张的论点，即它是在探索先前没有过的一种科学说明和理论，在探索比各种专门科学更高的一般化。一般系统论是各学科的一种隐秘趋势的反映。经济学家包尔丁（K.Boulding）1953年的一封信很好地概括了这个情况：

看来我得到了和你差不多的结论，当然是从经济学和社会科学而不是生物学的角度——有这么一件东西我把它叫做“一般经验理论”，或者按你的杰出的术语叫“一般系统论”，它在许多不同学科都可以广泛应用。我相信全世界有许多人实质上达到了和我们同样的境界，但我们相距遥远，相互不了解，因此它很难跨过学科的界限。

行为科学高级研究中心（帕罗·奥尔托）成立的第一年，包尔丁、生物数学家拉波泡特（A·Rapoport）、生理学家杰拉德（Ralph Gerard）和本书作者相聚一堂。1954年美国科学进步协会年会上实现了成立一般系统论学会的计划。后来这个团体改为较谦虚名字“一般系统研究学会”，它是上述协会的分支机构并且是该会例会上相当有吸引力的部分。美国各地和欧洲相继建立了地方组织。这个团体最早的纲领如下：

一般系统研究学会组成于1954年，旨在进一步发展可在不止一个传统知识领域应用的理论体系。主要任务是：(1)研究各领域的概念、规律、模型的同形性，并帮助在各领域间转移使用；(2)鼓励没有理论模型的领域发展足够的理论模型；(3)尽量减少不同领域理论工作的重复；(4)通过改善专家间联系来促进科学的统一。

由拉波泡特主编的该会年鉴《一般系统》已经成为该会机关刊物。我们故意不使《一般系统》采用一种刚性政策，而是为不同目的研究报告提供发表的场所，这对一个需要思想和探索的领域是合适的。大量调查材料和出版物证实了各领域的趋势；出现了一本期刊叫《数学系统理论》。

同时还有别的发展。1948年维纳（Norbert Wiener）在当时计算机技术、信息理论和自动调节机器的最新发展的基础上提出了控制论。这又是一次巧合，当时有三项基本贡献差不多同时出

现，这样局面就打开了：维纳的控制论(1948年)，香农(Shannon)和威弗尔(Weaver)的信息论(1949年)，冯·诺伊曼(von Neumann)和摩根斯坦(Morgenstern)的对策论(1947年)。维纳使控制论、反馈和信息等概念大大超出技术的范围并在生物学和社会领域中推广。当然控制论也有前身。坎农的自动平衡概念成了这些思想的基础。德国生理学家瓦格纳(Richard Wagner, 1954年)在二十年代、瑞士诺贝尔奖获得者海斯(W.R.Hess, 1941, 1942年)和霍尔斯特(Erich von Holst)的《参照原理》上都发表过不太为人所知的、详细的生理现象的反馈模型。控制论在科学、技术和出版界的广泛流传当然要归功于维纳和他对第二次产业革命的宣告。

弗兰克(L.Frank)在一次控制论会议上就两个运动的一致性作了很好的说明：

> 有目的行为的概念和目的论早已同一种神秘、自完善或寻求目的能力或最终原因(通常有超人或超自然的起源)相联系。要更好地研究事件，科学思维必须放弃对目的的信仰和必须放弃这些目的论的行为的概念，而采用一种严格机械论和确定性的自然观。这种机械论概念由于以下证明已经牢固树立：宇宙的基础是无名粒子的活动，它们无秩序地随机运动，因为它们很多，就构成统计上的秩序和规律性，如古典物理学和气体的规律那样。这些概念和方法在物理学、天文学后来又在化学当中取得的无可辩驳的成功，给生物学和生理学指出了主要方向。对待生物问题的这种方法因西欧文化和语言热衷于分析而得到加强。我们的传统的基本假设和我们用的语言所坚持的内容，几乎是在强迫我们把一切研究对象都看成是由我们必须去孤立、作为有力的原因去识别的分立的、离散的部分或因素所组合而成的。因此我们从研究两个变量的关系来得出我们的意见。当今都在探索新方法，新而且更综合的概念，寻找可以处理生物和人类的大的整体的方

法。不论它用什么不同的词句表达，目的论机制的概念总是在试图脱离那些现在已经不够用的老的机械论的表述方法，试图为自动调节过程、自定向系统和生物、自引导的个人的研究提供新的、更有用的概念和更有效的方法。因此，反馈、伺服机构、巡回系统和巡回过程这些词语，都可以看成是很多这类相同的基本概念的不同而又等价的表达。(弗兰克等人，1948年，经压缩)。

讨论控制论在技术和科学中的发展超出了本书范围，这方面文献很多，因此也不必要。但由于有某些错误理解和解释，讲一点历史过程还是适当的。因此伯克莱(Buckley，1967年，第36页)说“现代系统论好象是上次战争中的努力新产生的，实际可以看作是以往几个世纪企图支配科学观点的大转变的高潮。”这些话后一半是对的，前一句就错了；系统论并非产生于上次战争中的努力，它的源由要远得多，而且同军事装备及其有关技术成果有很大不同。“系统论来自现代工程系统的分析成果”(肖(Shaw，1965年)的讲法也是不对的，除非按这些字眼的特定含义来解释。

常常有把系统论和控制论、控制理论等同起来的。这也不对。控制论是技术和自然界控制机制的理论，它的基础是信息和反馈概念，它只是一般系统论的一个部分；控制论系统不管多重要，只是有自动调节特性的系统的一个特例。

系统论的趋向

在这个一出现不论多么微不足道的新东西都被捧成“革命”的时代，不应当把这个标签贴在科学发展上。超短裙和长头发被叫做青少年的革命，新式样的汽车或是制药业采用新药都被这么吹捧，这都是广告口号头，不值得认真考虑。但这个词也可以按严格的技术含义使用，也就是说，可以根据某种诊断准则来判别“科学革命”。

按库恩（Kuhn, 1962年）的说法，科学革命的定义是出现新的概念、模式或“范例”。这些先前没有被发现或觉察、甚至为“正规”科学（当时被普遍接受和采用的科学）所扼杀的新事物占据显要位置。因此在注意和研究的问题方面要有一个转变，科学工作的规则要有一个变化，它们都要能同心理学实验中视觉形象的转变相比——同一形象能看成两个脸和杯子，或看成鸭和兔。显然，在这种重要关头重点是在“正规”科学成长时期不会感到必要的哲学分析。新范例的早期形式大都很粗糙，能解决的问题不多，对个别问题的解远远不够完善。这时候会出现许多学说互相競争，每种学说适用的问题和能很好解决的问题都有限。不过新范例确实适用于新问题，特别是那些原先被斥为“形而上学的”问题。

库恩的这些准则来自对物理学和化学的“古典的”革命的研究，但这是对生物体和系统概念发生的变化的极好说明，并且讲清了它们的优点和局限性。特别，但并不令人意外的是，系统论包含一些形式和目的都不同的方法。

系统问题本质上是针对分析方法在科学中应用的局限性问题。这一点通常用半形而上学的措辞来表达，例如突生进化，或者“整体大于其部分之和”，但有明显的实用意义。“分析方法”是指被研究的实体分解为结合在一起的各个部分，因此这个实体可以由合在一起的部分组成或重新组成，这些方法要从它们物质和概念的意义上去理解。这是“古典”科学的基本原理，可以用不同方法定义：分解为可以隔离的因果链以便在各科学领域里寻找“原子”单位。科学的进步证明这些首先由伽利略和笛卡儿阐明的古典科学原理对广泛领域的现象是十分成功的。

分析方法的应用取决于两个条件。首先是“部分”之间的相互作用不存在或者微弱到某些研究任务可以不考虑的程度。只有在这种情况下，部分才能实际地、逻辑地、数理地“求出”来，然后“放在一起”。第二个条件是描述部分的行为的关系式是线性的；只有这样才有累加性条件，即：描述总体行为的方程和描述

部分行为的方程具有相同形式；可以通过部分过程相加来取得总体过程，等等。

在叫做系统的实体即由“相互作用的”部分构成的实体中，这些条件并不具备。它们的描述模型是联立微分方程组，一般情况下是非线性的。系统或“有组织的复合体”可以定义为存在“强相互作用”（拉波泡特〔Rapoport〕1966年）或“非寻常的”即非线性的相互作用（西蒙〔Simon〕,1965年）。因此系统论的方法论的问题是为同古典科学的分析、累加问题相比具有更加一般性质的问题服务的。

如前所述，处理这类问题有种种方法。我们故意使用不太严密的字眼“方法”是因为它们在逻辑上不同质，代表不同的概念模型、数理技术、一般观点，等等；但它们符合现有的“系统论”。除去系统工程、运筹学、线性和非线性规划等应用系统研究的方法，更重要的方法有以下几种（详见德莱斯奇〔Drischel〕，1968年）。

“古典”系统理论使用古典数学即微积分。它的任务是叙述用于一般系统或明确的子类（如封闭和开放系统）的原理，为它们的研究和描述提供技术并应用于具体场合。由于这种描述有一般性的特点，某些形式特征可以用于任何系统的实体（或开放系统，或递阶系统，等等），哪怕还不知道或未研究它的特定性质、部分、关系，等等。实例有广义动力学原理，用于例如分子或生物实体的总数即化学和生态学系统；扩散，例如物理化学中的扩散方程和谣言的散布；稳态和统计力学模型；用于交通流量（盖吉斯〔Gazis〕1967年）；生物和社会系统的异速生长分析。

计算机化和模拟。联立微分方程作为给系统下定义或“构造模型”的方法之一，如果是线性的，即使变量不多，求解也很麻烦；如果是非线性的，除个别特殊情况是不能解的（表1.1）。

表1 1 数学问题分类和它们用分析方法求解的容易程度(据弗兰克,1967年)

	线性方程			非线性方程		
方程	单方程	多方程	许多方程	单方程	多方程	许多方程
代数	极易	易	基本不能	很难	很难	不能
普通微分	易	难	基本不能	很难	不能	不能
偏微分	难	基本不能	不能	不能	不能	不能

(电子联合公司提供)

因此，计算机为系统研究开辟了新道路。这不单是因为它加快了计算工作，否则时间和精力都会不够；也不单是因为它用日常工作就可以代替高级数学专家的忙智慧，而且因为它开辟了原来没有数学理论或求解方法的新领域。因此远非普通数学能解决的系统可以上计算机；另一方面，实际的实验室试验可以改用计算机模拟和用试验数据检验的模型。海斯(B.Hess)曾用有一百多个非线性微分方程的模型计算了十四步的细胞糖酵解反应链。类似的分析已为经济学家、市场研究等所习用。

隔间理论。由于已达到高度复杂的理论，系统可以单独列出的一个方面是隔间理论（雷西格诺和西格利(Rescigno、Segre)，1966年)，即系统由带某些边界条件的子单位构成，子单位之间有运输过程。这种隔间系统有例如“链状的”或“乳头状的”结构(隔间链或者同若干边缘隔间联系的中心隔间)。不难理解，数学上的困难妨碍三或多隔间的系统问题的解决。采用拉普拉斯变换和网络、图论可以进行分析。

集论。系统（开放和封闭系统等）的一般形式特性可以用集论来公理化(密沙罗维奇(Mesarović),1964年;麦西亚(Maccia),1966年)。这种方法在数学上比较严密，完全不亚于粗陋的和较特殊的“古典”系统理论公理化系统理论（或其当前的苗头）同实际的系统问题之间的联系还不够密切。

图论。许多系统问题涉及的不是定量关系，而是系统的结构或拓朴性质。这方面有几种方法可用。图论特别是有向图理论在拓朴空间表示相关的结构。它曾用于生物学的相关问题（拉歇夫

斯基〔Rashevsky〕，1956，1960年；罗生〔Rosen〕，1960年）。从数学上讲，它同矩阵代数有联系；从模型角度，同包含部分“可渗透的”分系统的隔间系统理论有关，并由此同开放系统的理论有关。

网络理论。这种理论同集论、图论、隔间理论等有关，用于神经网络等系统（例如拉波泡特〔Rapoport〕，1949～50年）。

控制论是控制系统的理论，它的基础是系统和环境之间、系统内部的通讯联系（交换信息），以及系统对于环境的功能控制（反馈）。上面说过而且下面还要讨论：控制论模型用得很多，但不同于一般讲的“系统论”。在生物学和其它基础科学中，控制论模型常常通过例如框图和流程图来描述调节机构的形式结构。这样，调节结构就可以被认识，尽管实际的机构还不清楚、还没有描述，而系统是一个仅由输入输出规定的“黑盒子”。同样理由，同一个控制论设计可用于流体动力、电力、生理学等的系统。技术上用的高度精巧复杂的伺服机构理论只是非常有限地用在自然系统上（参见贝列斯〔Bayliss〕，1966年；卡尔姆斯〔Kalmus〕，1966年；密尔斯姆〔Milsum〕，1966年）。

信息论。按香农和威弗尔所说的信息论，它的基础就是用与热力学负熵同形的表示来定义的信息概念。因此可以想见信息能够用作组织的测度（阔斯特勒〔Quastler〕，1955年）。尽管信息论在通讯工程中已经很重要，但它在科学上的应用仍没有说服力（吉尔伯特〔E.N.Gilbert〕，1966年）。信息和组织之间、信息论和热力学之间的关系依旧是个主要问题。

自动装置理论（见明斯基〔Minsky〕，1967年）是具有输入、输出、有可能试验摸索和学习的能力的抽象自动装置的理论。它的一般模型之一是图灵机（1936年）。简单说来图灵机是能在无限长的带子上印出（或消去）“1”和“0”的符号的抽象的机器。可以证明，任何不论多复杂的问题，只要能用有限的逻辑运算表示，都可以用机器模拟。能够用逻辑分析（即用算法符号）的东西都能用自动装置（即算法机器）分析——原则上是这样，实际

上当然往往并不行。

对策论（冯·诺伊曼和摩根斯坦，1947年）本是不同的方法但可以列在系统科学中，因为它研究的是假设“有理智的”局中人的行为，他们采取针对其它局中人（或自然）的适当策略来获取最大收益和最小损失。因此它涉及的实际是有详细规定的敌对“势力”的“系统”。

决策论是一种研究在几种备选方案中进行选择的数学理论。

排队论是在拥挤的情况下研究优化安排的理论。

以上列举的内容性质各有不同，也不完全，而且混淆了模型（例如，开放系统，反馈线路）和数学技术（例如，集论、图论、对策论）的差别，这里只是说明研究系统的许多方法，其中包括有力的数学方法。应当重申的是，过去认为不属于科学范围、属于纯哲学、不敢正视、不能处理的问题逐步都得到了探讨。

当然，模型和实际之间自然有不一致的地方。有一些数学模型很复杂很精致，但能不能适用于具体场合还有疑问。存在一些无数学工具可用的基本问题。出现过一些期望过高之后的失望。例如控制论不单在技术而且在基础科学方面都证明有效，产生了用于具体现象的模型，把原先犯忌的目的论的现象引入了在科学上合理的问题类型。但它并不能提供包罗万象的解释或者伟大的“世界观”，它是机械论观点和机器理论的扩充而不是一种替代（参见布罗诺斯基〔Bronowski〕，1964年）。信息论在数学方面高度发展，但对心理学和社会学的问题无能为力。对策论对战争和政策有用，但人们不会认为它会改善政治决策和世界状况。不难想见这方面的失败，因为大国太不象对策论中的“有理智的”局中人了。均衡、自动平衡、调整等等适用于系统的维持，但不能解决变动、变异、演化、负熵、小概率状态的产生、创造性、紧张的构成、自实现、紧急事件等等现象。正如坎农（Cannon）在承认有自动平衡之外，也看到了具有上述后一类性质的“异形作用”。开放系统理论对生物学（和技术）的许多现象都有用，但应当防止贸然推广到它的概念涉及不到的领域里去。这些局限性

和空白对于一个不老于二、三十年的领域是意料中事。最后，失望往往是由于把只在某些方面有效的模型用到形而上学的实际和"只有"哲学上去，这种现象在文化史上很多。

数学模型的优点是人所共知的：明确、可作严密的演绎、可以用观察数据验证。这并不意味着就应当轻视或放弃用普通语言表述的模型。

语言模型比完全没有模型好，也比由于可用数学表述因而强加于实际或歪曲实际的模型好。例如精神分析等有重大影响的理论不能用数学，或者象选择理论那样，影响远远超出数学的结构——数学出现较晚而且只适合某些片面和部分经验数据。

数学主要是指一种比普通语言严密得多的算法。科学史证明，普通语言的表示往往先于数学表述即算法的发明。例子很容易举：用言语计数演进到用罗马数字（半语词、不灵活、半算法）到用有位值的阿拉伯数字；方程式是从语词表述发展到用狄奥番图（Diophantus）和其它代数发明人用艺术技巧处理的初步符号（我们很难理解），到现代的记号；象达尔文的理论或者经济理论都是后来方找到（一部分）数学表述的。一上来就使用算法还不清楚的不成熟的数学模型会限制视野，还不如先用非数学模型，虽然有缺点，但能够表示某些原来没有发现的方面，等待以后研究出合适的算法再说。分子生物学、选择理论、控制论和其它领域的许多发展成果都说明了库恩（Kuhn）所谓"正规"科学的即被一致接受的概念体系的令人盲目的效果。

因此普通语言模型在系统论中有它的地位。不能用数学表述的地方，系统思想仍有价值，或者仍然是一种"指导思想"而不是数学的产物。例如，在社会学中我们没有满意的系统概念；但仅仅是这么一些看法，即社会实体是系统而不是社会原子的和，或者历史由叫做文明的、服从系统的一般原理的系统（不管多不明确）所组成，就足以使有关领域重新定向。

从以上所述可以看出，在"系统方法"中，有机械的和生物的趋向和模型——试图用"分析"、"线性（包括循环）因果关系"、

"自动装置"或者用"整体性"、"相互作用"、"动态"(或可用来说明差别的其它词语)来掌握系统。这些模型互不排斥,甚至同一现象可以用不同的模型(例如,"控制论的"或"动力学的"概念;参见洛克尔(Locker,1964年),但要问哪个观点更带一般性和更根本的呢。一般说来,这是向作为一般的自动机的图灵机提的问题。

对这一点(就我们所看到的,自动装置理论未加处理)的一种考虑是"巨大的"数字的问题。自动装置理论的基本内容是,可以用有限数目的"语词"定义的事件都可以通过一种自动装置来实现(例如麦克卡洛克〔Mc Culloch〕和皮茨〔Pitts〕的形式神经网络,或图灵机)(冯·诺伊曼,1951年)。问题在于"有限"二字。按定义,自动装置能实现有限序列的事件(不论多大),但不是无限的序列。可是,如果所需步数是"巨大的"即并非无限但例如已超过宇宙间的粒子数目(估计在10^{80}这一级)或者数目已相当于宇宙或其子单位的时间期间所能发生的事件数(按1966年厄沙瑟〔Elsasser〕的说法,此数的对数为一大数)时,又会有什么情况呢?这种巨大的数目存在于许多有指数的、阶乘的、以及其它极迅速递增的函数的系统问题当中。在成分数目不大但相互作用很强(不是可以略而不计的)的系统中也有这种情况(参看阿希拜〔Ashby〕,1964年)。若将它们"画"在图灵机里,就需要长度很"巨大"的带子,即不仅超过实际的限度,而且超过物理的限度的带子。

考虑一个简单的例子:一个有N个点的有向图(拉波泡特,1959年b)。每一对点之间可能有箭线,也可能没有(两种可能性)。因此有$2^{N(N-1)}$种不同的方法来连结N点。如果N只是5,就有一百多万种方法来连结各点。如果 N=20,方法就会超过宇宙间原子的估计数。神经细胞(估计人脑中有一百亿)之间和它们与遗传密码之间的可能联系就属于这一类问题(雷普几〔Repge〕,1962年)。在密码中,拼出20种氨基酸(实际是64)的是至少20个"字"(核苷酸三联体);密码可能包含几百万个单位。这就出现$20^{1,000,000}$种可能性。假定拉普拉斯的精灵要找出每个组合的函

数值；他就应当考察这么多次，但宇宙间只有10^{80}个原子。让我们假定（雷普几，1962年）某一定时点地球上有10^{30}个细胞。再假定每一分钟产生一代新细胞，因地球的寿命已有一百五十亿年（10^{16}分钟），故细胞的总数为10^{46}个。为确定能获得的最大的数目，假定有生命的行星是10^{20}个。这样，整个宇宙的生物肯定不能超过10^{66}个——这是个大数但还远不是"巨大的"。估算时可以有不同假设(例如可能有的蛋白质或酶的数字)，但结果基本相同。

按哈特（Hart, 1959 年）的观点，可以把人的发明看成是先前存在的元素的新的组合。如果是这样，新的发明创造的机会的增加应当大致是现有元素的可能排列和组合的数目的函数，也就是说，增加数是元素数目的阶乘。这样社会变动的加速率本身是加速的，因此在许多情况下文化的变动是对数－对数加速而不是对数加速。哈特提出一些有意义的曲线，说明人类速度的增长、武器杀伤面积、寿命预期等的增加实际上是遵循这样的表示式：文化增长率不是指数或复利式的，而是依对数－对数曲线的超加速途径。如果系统里的调节不是针对一种或有限数目的扰动，而是针对"任意的"扰动，即数目不能确定的不可能"预见"的情况，那么自动装置的极限就出现了。胚胎调节（例如德莱斯奇〔Driesch〕的试验）和神经的调节（例如拉希莱〔Lashley〕的试验）往往就是这样。这里的调节来自许多成分的相互作用（参见杰弗里斯〔Jeffries〕1951年的讨论）。这正如冯·诺伊曼自己承认的，和技术系统不同，它是同有机体的"自恢复"倾向相联系的；用比较近代的话说，与它们的开放系统性质有关，在图灵机那样的抽象的自动装置模型中也没有这种性质。

因此正如德莱斯奇这样的生机论者所早已强调的，机械论的概念（即使以图灵机的现代和一般化的形式）破坏了"任意的"扰动后的调节，在所需步数"巨大"的事件中也有类似情况。甚至在与无限集联系的悖论之外也出现可实现性的问题。

以上讨论特别涉及到递阶秩序这样一个显然是一般系统论的根本概念或概念组合。我们现在"看"到的宇宙是个很大的递阶

结构，从基本粒子到原子核，到原子、分子、高分子化合物，到分子和细胞之间的大量结构（电子和光显微镜下能看到的——见威斯〔Weiss〕，1962年b)，到细胞、生物体、再到超个体组织。递阶秩序的一种比较引人注目的模式(还有别的)是包尔丁(Boulding)的设计（表1.2)。在“结构”和“功能”中都有类似的递阶秩序。最后，结构（即各个部分的序列）和功能（过程的序列）可能本是一件东西：在物理世界中物质分解为能量的作用，在生物世界中结构是过程流的表示。现在，物理定律的体系主要涉及原子和分子之间的范围(和它们在宏观物理学中的累积)，这显然是大得多的谱系的一个片断。在逊原子和超分子的领域里，组织和组织的力的规律还没有完全清楚。冲击已经面临逊原子的世界（高能物理）和超分子世界(高分子化合物的物理学)；不过这些显然刚刚开始。这点一方面可以从当前基本粒子研究的混乱中看出，另一方面可以从当前对电子显微镜观察所得的结构缺乏物理学的认识和遗传密码还没有一种“语法”中看出。

递阶秩序的一般理论显然是一般系统论的骨干。递阶秩序的原理可以用语言来叙述(凯斯特勒〔Koestler〕，1967年)；有同矩阵理论相联系的半数学的思想（西蒙〔Simon〕，1965年)，以及用数理逻辑的表述(伍德格〔Woodger〕，1930～31年)。在图论中递阶秩序用“树”表示，递阶结构的关系方面可以依此表示。但问题要广得多，深得多：递阶秩序的问题同动能学（负熵）或信息论（比特）看来都不能充分表示的变异、演化、组织测度的问题紧密相连。最后，如前所述，递阶秩序和动力学的关系完全同凯斯特勒所打的比喻“树和烛”一样。

因此，存在一系列系统模型，只是成熟程度不同。有些一般系统论的概念、模型和原理，例如递阶秩序、渐进变异、反馈、由集论和图论定义的系统特征，等等，可以广泛用于物质的、心理的、社会文化的系统；其它如由物质交换定义的开放系统只限于某些子类。应用系统分析的实际工作说明，应当根据问题性质和工作的标准来使用多种多样的系统模型。

表1·2 系统的递阶结构中主要层次的非正式综览
部分参照包尔丁（1956年b）

层次	说明和实例	理论和模型
静态结构	原子、分子、晶体、从电子显微镜可见的到宏观的生物学结构	例如化学的结构式；结晶学；解剖说明
时钟机构	钟一般普通机器、太阳系	力学规律等普通物理学（牛顿和爱因斯坦学说）
控制机械	恒温器、伺服机构、生物的自动稳定机制	控制论：反馈和信息论
开放系统	火焰、细胞、一般生物	(a)将物理理论推广到在物流中维持自身的系统（新陈代谢） (b)在遗传密码（DNA）中储存信息 目前不知的(a)(b)的联系
低等生物	“似植物”的生物：系统的递增变异（生物中所谓的“分工”：繁殖和功能个体的差别（“种迹和体细胞”）	几乎没有理论和模型
动物	信息交流日益重要（感受器和神经系的演进）；学习；意识的萌芽	自动装置理论的萌芽（刺激-反应关系），反馈（调节现象）、自主行为（松驰振荡）等
人	符号论；其结果有：过去和未来；本身和世界；自我意识，等；用语言通信，等	符号论的早期理论
社会文化系统	生物种群（包括人类）；只有人类有符号决定的社会（文化）	种群动态学、社会学、经济学、可能还有历史的统计和动态规律 文化系统理论的萌芽
符号系统	语言、逻辑、数学、科学、艺术、道德、等	符号的算法（例如数学、语法）；观赏艺术、音乐等中的“游戏规则”

注意：以上研究属于印象主义和直观性质，不要求逻辑上的严密。高层次一般以较低层为前提（例如物理－化学现象为生命现象的前提，人类活动层为社会一文化现象的前提）；但各层的关系要求每种场合都清楚（参考：开放系统和遗传密码等问题是“生命”的明显的前提；“概念的”和“实际的”系统的关系，等）。在这个意义上，这项研究提出了还原论的局限性和实际知识的缺口。

2. 一般系统论的意义

探索一般系统论

现代科学发展的特点之一是日益专门化，这种倾向又因各领域的数据量庞大和技术、理论结构的复杂性而加重。因此科学分成了无数的学科，学科又不断产生新的分科。结果物理学家、生物学家、心理学家和社会科学家都缩在个人的天地里，各个茧子之间很难找到共同语言。

但另一个重要方面正好与此相反。研究现代科学的发展，我们发现一种奇怪的现象。很不相同的领域中各自独立地出现了类似的问题和概念。

古典物理学的目的归根结蒂是将自然现象分解为由“盲目的”自然规律控制的基本单位的作用。这一点表现为拉普拉斯精灵的理想，它从粒子的位置和动量可以预见宇宙在任何时点的状态。在确定论的物理规律被统计规律取代时，这个机械论的观点没有改变，反而得到加强。按照波尔兹曼（Boltzmann）对热力学第二定理的推导，物理事件总是趋向最大概率的状态，因此物理规律本质上应是“无序的定律”，是没有秩序的、统计的事件的产物。但与这种机械论观点相反，现代物理学各分支中也出现了整体性、动态相互作用和有关组织的问题。在海森堡(Heisenberg)关系和量子物理学中已经不可能将现象分解为局部事件；出现了秩序和组织的问题，不论问题是否是原子结构、蛋白质组织或者热力学的相互作用现象。同样在生物学中，机械论概念的目标是将生命现象分解为原子实体和部分过程。生物被分解为细胞，生物活动分解为生理学过程并最终分解为物理化学过程，行为被分

解为非条件和条件反射，遗传基质分解为颗粒遗传基因，等等。对比之下，有机体概念是现代生物学的基本概念。不能只是孤立地研究部分和过程，还必须解决使它们统一起来的组织和秩序中发现的决定性的问题——来自各部分的动态相互作用，并使孤立研究与在整体中研究的各个部分的行为有所不同。同时，心理学中也有类似趋向。古典联想心理学企图将心智现象分解为心理学原子那样的基本单位，例如基本感觉之类，格式塔心理学说明由动态规律控制的、且并非由基本单位累加而成的心理学整体的存在和占首位。最后，在社会科学中社会的概念原是作为社会原子的个人的总和（例如经济人的模型），现在已经为把社会、经济、国家作为掌握其各部分的全体考虑的趋势所取代。这包含计划经济、民族和国家神化的大问题，同时反映了新的思维方法。

各不同领域中一般认识原理的平行性在人们考虑到这些新发现，产生于互相独立、互不了解其它领域的工作的情况时，就更加激动人心了。

现代科学还有一个重要方面。在此之前，精密科学——自然规律的主体—几乎是与理论物理学划等号的。阐述非物理领域的精密规律的尝试多数得不到承认。但生物学、行为科学和社会科学的进步和影响使我们认识到有必要扩大概念结构以便物理学不够用或不能用的领域的规律体系得到研究。

这种倾向导致许多领域以不同方式出现了一般化的理论。例如从洛特卡（Lotka）和伏尔特拉（Volterra）的先驱工作开始，研究出了生存斗争、生物均衡、生物种群的动态学理论。这种理论运用个体、种、竞争系数等的生物学概念。同样的方法也用于数量经济学和经济计量学。后者所用的模型和方程系同洛特卡以及化学动力学所用的很相似，只是相互作用的实体和力的模型的层次不同。再举一个例：生物基本上是开放系统，即同它的环境交换物质的系统。普通物理学和物理化学适用于封闭系统，只到近几年才有理论推广到包括不可逆过程、开放系统、不均衡状态。但如果我们想把开放系统模型用到动物生长的现象上，自然就要

使理论一般化，不仅针对物理还要针对生物单位。换句话说，我们在处理一般化的系统。过去几年引起广泛注意的控制论和信息论也是如此。

因此，存在适用于一般化系统或其亚类的模型、原理和规律，而并不考虑它们的特定种类、它们的组成元素的性质、它们之间的关系或"力"。看来自然需要一种理论，不是多少属于专门种类的系统的理论，而是用于一般系统的通用原理。

依此我们规定了一门新学科叫一般系统论。它的主题是表述和推导对一般"系统"有效的原理。

这个学科的内容可作如下规定。物理学涉及的是一般性的程度不等的系统。它是从比较专门的系统引伸来的，例如原来是工程师架桥或造机器用的；后来发展到物理原理的专门规律，如力学或光学；再到一般性更高的规律，例如热力学原理就可以用于性质不同的机械、热、化学等的系统。我们没有必要就到传统上用物理学处理的系统为止。相反，我们可以探索用于一般系统的原理，不管它们具有物理、生物还是社会学的性质。如果我们提出这个问题并恰当地给系统概念下定义，就发现适用于一般化的系统的模型、原理、规律是存在的（不管系统的特定种类、元素和包含的"力"）。

由于一般系统特性的存在，结果就出现了不同领域中的结构相似性或同形性。在控制原本很不相同的实体的行为的原理中有对应性。举个简单的例，指数生长率适用于某些细菌细胞、适用于细菌的种群、动物或人、适用于以遗传学或一般科学的出版数量为测度的科研的进步。讨论的实体，如细菌、动物、人、书、等等，是完全不同的，而且原因机制也不相同。但数学定律是相同的。或者说，存在一种描述动植物在自然界竞争的方程组。但同样的方程组适用于物理化学和经济学的某些领域。这种对应性来自有关实体在某些方面可以被考虑作"系统"即有相互作用的元素的综合体。上述领域以及其它领域同"系统"有关的事实说明，一般原理有对应性，甚至当条件同所研究的现象相应时，专

门定律也有对应性。

事实上，很不相同的领域里往往有类似的概念、模型和规律——独立并以完全不同的事实为基础。常有这种情况，相同的原理被发现了好几次，这是因为某个领域的人不知道他需要的理论结构已经早在其它领域研究出来。一般系统论对避免这种不必要的重复劳动将发挥很大作用。

在定量分析不适用但很有意义的问题上也有系统同形性。例如生物系统和动物种群、人类社会那样的“超生物”（杰拉尔德〔Gerard〕）之间就有同形性。哪些原理对组织的若干层次都是共同的，因此可以在各层次之间转移使用呢？哪些原理又是专用的，因此转移就会出危险呢？社会和文明能当作系统看待吗？

因此看来系统的一般理论应当是一种有力工具，它一方面要提供能在不同领域应用并转移的模型，另一方面还应防止往往妨害这些领域进步的那种含混的类似性。

但一般系统论还有另一个更重要的方面。这里引用信息论的奠基人、著名数学家威弗尔（Warren Weaver）的恰当的表述。威弗尔说，古典物理学在发展无机物理论方面取得很大成功。例如气体行为是无数分子的无组织的、不能逐个追踪的运动的结果；作为整体它受热力学定律支配。无机物理论最终是植根于随机、概率的定律和热力学第二定律。但是，今天的基本问题在于有机体。组织、整体性、有向性、目的论、变异等概念和普通物理学不同。但它们出现在生物、行为科学和社会科学等领域中，实际上已为解决生物和社会集团问题所必需。因此现代科学面临的基本问题是有机体的一般理论。一般系统论在原则上能够为这些概念给出精确定义，而且在适当场合还能对它们进行定量分析。

如果前面我们简要说明了什么是一般系统论，那么我们也避免了误解什么不是一般系统论。已经澄清，系统理论并非只相当于能用于不同类型的问题的某种数学。例如，指数生长律适用于很不同的现象，从放射性衰变到繁殖力不够的人种的灭绝。但其

所以如此是因为公式是一种最简单的微分方程，所以可以用于差别很大的事物。因此，如果所谓的同形生长律在完全不同的过程中出现，那就和下列事实差不多了：初等算术可用于一切可数物件，二加二等于四，不管所数的东西是苹果、原子还是星系。

这个问题的答案如下。同所引用的简单说明的例子不一样，在系统论的发展中，问题不在于大家熟知的数学表示的运用。所提问题是崭新的，有些还远没有解决。如前所述，对于可以分解为孤立的因果链的，或者属于“无穷个”随机过程的统计结果的现象，最适用的是古典科学的方法，例如统计力学、热力学第二定律及它所有的引伸定律。但古典思维方式对于大量但有限的元素或过程的相互作用的情况无能为力。这里出现的问题要用整体、组织等概念来规定，而且要求有数学思维的新方法。

另一种反对意见强调一般系统论有陷入无意义的类比的危险。这种危险确实存在。例如，大家都认为国家或民族是高级的有机体。但这种理论将构成极权主义国家的基础，其中的个人就象生物的一个无意义的细胞或者蜂箱里的一个不重要的工蜂。

但一般系统论不追求模糊的、表面的相似。这种相似价值不大，因为在现象间的相似性之外，同样能找到不相似性。现在讨论的同形性不只是相似。它来自以下事实：在某些方面，相应的抽象观念和概念模型可以用于不同的现象。只有从这些角度着眼才用系统模型。这与科学的一般方法并无二致，正如万有引力定律用于牛顿的苹果、行星系和潮汐现象。这意味着从某些有限的方面出发，力学的理论体系是正确的；并不是说苹果、行星和海洋在很多的其它方面都有特定的相似性。

第三种反对意见说系统论不具备说明的价值。例如，所谓的发展过程的等结果性之类的机体目的性的某些方面，是可以用系统论说明的。但今天没有人能够具体定义这一过程：从一个动物的卵到具有无数细胞、器官和高度复杂的功能的一个生物。

这里我们应当考虑科学说明有各种程度之分，而且在复杂的、理论发展不足的领域我们应当满足于经济学家海叶克

(Hayek) 所说的"原则的说明"。它的含义可用一个例子说明。

理论经济学是很发达的体系，给所研究的问题以精巧的模型。但经济学教授通常不是百万富翁。换句话说，他们能"原则上"很好地说明经济现象，但不能就一定的股票和日期预见证券市场的波动。但原则的说明比完全没有强。如果，而且当我们能够放进必要的参数时，"原则的"系统论说明就可以成为在结构上同物理学类似的理论。

一般系统论的目的

我们将以上探讨归纳如下。

现代科学的各种学科都有类似的一般概念和观点。过去，科学在说明所观察的现象时试图把他们简化为可以单独研究的基本单位的相互作用，现代科学中出现的概念则是涉及有点含糊地叫做"全体"的东西，即：组织的问题，不能分解为局部事件的现象，用较高形式或孤立的部分的行为差别表示的动态相互作用，等等；总之，各级"系统"不能靠研究其孤立的有关部分来了解。这样性质的概念和问题在所有科学分支都有出现，不管研究对象是无机物、生物还是社会现象。由于各个别科学的发展成果是相互独立的、彼此不了解、并且各以不同的事实和对立的哲学为依据，这样的对应性就更加引人注目了。它们反映出科学态度和概念的总变化。

不同科学中不仅一般状况和观点相似，我们还发现不同领域的规律在形式上相同或有同形性。在许多场合，同形的定律适用于"系统"的某些类或亚类，与涉及的实体的性质无关。显然存在一般系统的规律可以用于任何一定类型的系统，不论系统及其元素的特性是什么。

这些想法导致要确立一个我们叫做一般系统论的新的科学学科。它的主题是表述对一般的"系统"有效的原理，不管它们的组成元素和它们之间的关系或"力"的性质如何。

因此一般系统论是迄今当作模糊、含混、半形而上学的概念的“全体”的一般科学。在精致形式上，它是一个逻辑-数学学科，它是纯粹形式化的，且适用于许多经验科学。因为是“有机整体”的科学，它的重要性同作为“随机事件”的科学的概率论一样；后者也是形式化的数学学科，可以用于多数领域如热力学、生物和医学实验、遗传学、人寿保险统计，等等。

一般系统论的主要目的是为了说明：

（1）一般趋势是各种科学（自然与社会科学）的综合。

（2）这种综合可能要以系统的一般理论为中心。

（3）这一理论可能是在非物理的科学领域建立精密理论的重要手段。

（4）这一理论研究“垂直”通过各科学的世界的统一原理，它有助于我们接近统一科学的目标。

（5）这可能导致科学教育中日益迫切需要的综合。

看来有必要就这个理论的范围谈几句。若干年前本书作者提出了一般系统论这个术语和计划。但有许多不同领域的工作人员都已经得出了类似的结论和方法。因此可以保留这个目前广泛使用的名称，这是个方便的称呼。

首先，看来如果把系统定义为“有相互关系的元素的集合”似乎太一般太含糊，说明不了什么问题。其实不然。例如，系统可以用若干微分方程组定义，而且如果按数学推理的通常办法，引进更具体的条件，可以发现一般系统和较特殊的场合有许多重要特性(参看第 3 章)。

一般系统论用的数学方法并不是唯一能用也不是最一般的。有不少有关的现代手段、例如信息论、控制论、对策论、决策论、网络理论、随机模型、运筹学，这些只是最主要的。但由于微分方程能解决物理、生物、经济可能还有行为科学等广大领域的问题，它们也是研究一般化系统的合适工具。

我现在用一些实例来说明一般系统论。

封闭系统和开放系统：普通物理学的局限性

第一个例子是封闭和开放系统。普通物理学只研究封闭系统，即与其环境隔绝的系统。因此，物理化学向我们介绍反应、反应率、终于在有一些反应物放在一起的密闭容器中建立的化学平衡。热力学明确宣告它的定律只用于封闭系统。特别是热力学第二定律说明在封闭系统中，一个特定的量叫做熵的，必须达到极大值，而且最终这些过程要停止在平衡状态。第二定律的表述方法有几种，其中之一是熵作为概率尺度，且因此封闭系统趋向一种概率最大的分布。但（红、兰玻璃珠或有不同速度的分子的）混合物的概率最大分布是一种完全无序的状态；根本不可能把所有红珠分到一边，把兰珠分到另一边，或者在封闭空间里把所有快分子即高温分子放到右边，把慢分子即低温分子放到左边。因此趋向最大熵或概率最大分布的倾向是趋向最大无序状态的倾向。

但我们发现有些系统按其本身性质和定义都不是封闭系统。每一种生物本质上都是开放系统。它始终有不断的流入和流出、成分的组合和破裂，在其生存期间，永远不会处于化学和热力学的均衡状态，而是保持一种与均衡不同的所谓稳定状态。这是基本的生命现象的本质所在，这叫做新陈代谢，是活细胞内部的化学过程。那么又怎样呢？显然，普通的物理学表述原则上不适用于作为开放系统和稳定状态的生物，我们完全可以想象，许多生物系统的特征在物理规律看来不可理解的原因正在于这一事实。

最近几年才出现包含开放系统的扩充了的物理学。这个理论能说明物理学和生物学中的许多模糊现象，并且已经得出若干重要的一般结论，这里只举其二。

首先是等结果性原理。在任何封闭系统中，最终状态肯定是

由初始条件决定的。例如行星系运动，t 时行星的位置肯定由它们在t_0时的位置决定。或者在化学平衡中，反应物的最终浓度自然决定于初始浓度。如果初始条件或过程有所改变，最终状态也要改变。开放系统就不是这样。这里不同的初始条件可能以不同方式达到相同的最终状态。这就是所谓的等结果性，它对生物调节现象有重要意义。了解生物学史的人一定记得，正是等结果性导致德国生物学家德莱斯奇（Driesch）信奉生机论，即生命现象不能用自然科学说明的论点。德莱斯奇的论据以胚胎早期发育为基础。相同的最终结果即一个正常的海胆个体，可以来自一个完整的卵，可以来自半个分开的卵，也可以来自由两个整卵合成的卵。许多别的物种的胚胎也有这种情况，也包括人类，相同的双生子是一个卵于分裂的产物。按德莱斯奇的看法，等结果性和物理学定律相反，它只能由类似灵魂的生机因素来实现。生机因素支配预见目标的过程，正常的生物从而产生。但不难看出，开放系统只要到达稳定状态，必然表现出等结果性，因此想象中的物理定律的破坏就消除了。

无生命和有生命世界的另一个明显的不同是开尔文（Lord Kelvin）的退化和达尔文的进化之间、物理学的耗散定律和生物学的进化之间的强烈的矛盾。根据热力学第二定律，物理世界的事件的一般趋势是走向极无序的状态并消除差别，以世界的所谓的热寂为最终前景，此时一切能量退化为均匀分布的、低温度的热，世界过程出现停滞。相反，生命世界在胚胎发育和进化中显示出向较高秩序、异质性和组织的过渡。但在开放系统理论的基础上，熵和进化之间的明显矛盾不见了。在所有不可逆的过程中，熵必然增加。因此在封闭系统中熵的变化往往是正的；不断破坏有序。但在开放系统中，不但由于不可逆过程要产生熵，同时要输入很可能为负的熵。这正是生物输入自由能量高的复杂分子的情况。这样，生命系统在保持稳态的情况下，可以避免熵的增加，甚至可以趋向有序和组织程度增加的状态。

通过这些例子，读者可以估计出开放系统理论的意义。它指

出，物理定律在生物世界中的许多想象的破坏是不存在的，或者说它们只是由于物理理论的一般化而消失了。一般化的开放系统概念可以用于非物理的方面。例如它用于生态学和趋向顶极的进化（威塔克尔〔Whittacker〕），用于把"神经学系统"当作"开放动态系统"的心理学（克列奇〔Krech〕），用于哲学——其中同"自作用"和"相互作用"观点相对的"横越作用"与开放系统模型密切对应（班特莱〔Bentley〕）。

信息和熵

同系统论紧密联系的另一项发展是现代通讯理论。人们常说能量是物理学的货币，正象经济价值可以用美元或英镑表示一样。但有一些物理学和技术领域不大容易接受这种通货。这就是通讯领域，这里由于电话、收音机、雷达、计算机器、伺服机构和其它装置的发展，出现了新的物理学分支。

通讯理论中的一般概念是信息理论的概念。在许多情况下，信息流与能量流对应，例如，如果发自某些物体的光波到达眼睛或光电管，引起生物或机器的某些反应，并由此传递信息。但很容易举例说明信息流与能量流方向相反，或者没有能量和物质的流也能传递信息。前一种是电极线路，其中有直流电单向流动，但信息即一件消息可以从任一方向发出，只要在某一点截断电流并在另一点记录此截断。对于第二种情况，请考虑许多超级市场设置的光电开门器：影子即光能的切断通知光电管有人进来，门就开了。因此信息一般是不能用能量表示的。

但有另外一种测度信息的方法，即用决策。玩"二十个问题"的游戏，玩法是，我们在得到对我们的问题作简单的"是"或"否"的回答后要找出一件东西。一个问题传送的信息量是两个备选方案之间的一项决策：例如动物或非动物。提两个问题，可以就四个可能性当中的一个进行决策，例如，哺乳动物——非哺乳动物，或者开花植物——非开花植物。有三个答案，就是八个

当中决定一个，等等。因此，可能的决策的底数 2 的对数可以用作信息的尺度，其单位是所谓的二进制单位或比特。两个答案中包含的信息是log2 4＝2比特，三个答案，log2 8＝3比特，等等。这个信息测度很象熵的尺度，更象负熵的尺度，因为熵的定义也是概率的对数。但如我们所知，熵是无规律的程度的测度，因此负熵或信息是有序性或组织的测度，因为后者同随机分布相比，是一种非概率状态。

通讯和控制理论的第二个中心概念是反馈。简单的反馈示意图见图2.1。首先，这个系统包括一个接受器或“感官”它可以是一个光电管、一个雷达屏、一个温度计，或者一个生物学意义上的感觉器官。在技术装置中，消息可以是一个弱电流，在生物中消息可以用神经传导代表，等等。然后有一个中心重新组合到来的消息并将它们传给执行器——由象电动机一样的机器、一个加热线圈或螺线管组成；或者由肌肉构成，它以输出高能量的方式对来到的消息作出反应。最后，执行器的运转情况返回受接受器监测，这样使得系统能够自动调节，即保证稳定或活动方向。

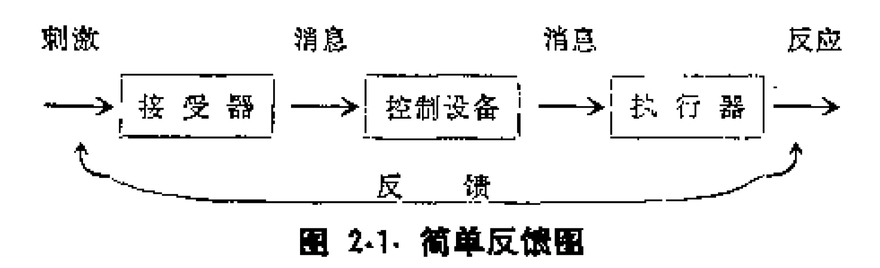


图 2.1. 简单反馈图

反馈装置广泛用于需要稳定某种作用（如恒温器、收音机）的现代技术；或者为了使活动方向趋向一定目标，出现离目标的变动时即作为信息那样反馈，直至达到目标。这种情况有自动寻敌的自推进导弹、防空火力控制系统、船舶驾驶系统等等还有其它所谓的伺服机构。

确实有许多生物现象是与反馈模型相应的。首先，有一种现象叫自动平衡或保持生物机体中的平衡，它的原型就是温血动物的温度调节。血液的冷却刺激了大脑的某些中心，“开动”身体的发热机制，体温返回受中心监测以保持温度为稳定水平。身体保持

许多物理化学变量稳定时也存在类似的自动平衡机制。另外，动物和人类对活动进行调节时也有类似伺服技术的反馈系统。如果我们想把铅笔捡起来，第一次没拿到铅笔，差多大距离报告中枢神经系统；所以这个信息反馈到中枢神经系统以便控制动作一直到达到目的为止。

因此技术和生物世界里有许多系统是服从反馈原理的，大家都知道，维纳（Norbert Wiener）引进了一门新学科——控制论——来研究这些现象。这个理论试图说明，反馈性质的机制是机器、生物、社会系统的目的论或有目的的行为的基础。

但应牢记的是，反馈机制带有比较专门的性质。它的前提是上述类型的结构装置。但生物有许多性质根本不同的调节，其秩序由过程的动态相互作用形成。例如前面说过胚胎调节中整体是由部分在结果相同的过程中重新形成的。可以看出有机系统的主要调节——即胚胎发育和进化的最基本、最原始的调节——属于动态相互作用性质。它们的基础是：生物是一个开放系统，它维持自身处于或趋向稳定状态。除了主要调节还有一些调节我们叫它们二次调节，由固定机构特别是反馈机构控制。这种情况是可以称做逐渐机械化的、组织的一般原理的结果。首先，系统（生物、神经、心理或社会的系统）是由它们的成分的动态相互作用支配的；尔后建立固定的机构和约束条件，使系统及其部分更加有效，但也逐渐减少并最后消除了它的等势性。因此，动态学是个更加广泛的方面，因为我们可以通过引入适当的约束条件经常从一般系统规律到达类似机器的功能，但反过来是不可能的。

因果律和目的论

我还想说的一点是前几十年科学世界观所经历的变化。所谓机械论的世界观产生于十九世纪的古典物理学，它认为由无情的因果律支配的、原子的无目的运动产生了世界上一切现象：无机

物、生物和智力现象。没有任何有向性、有序性或目的等的插足之地。生物的世界是偶然事件的产物，是随机变异和选择的无意义的作用的累积；精神世界是物质事件的奇怪的、有点没头没脑的附带现象。

科学的唯一目的是分析，即将实际分成更小的单元和孤立的个别因果链。这样，物理的现实被分成质点或原子，生物分成细胞，行为分成反射，感知分成瞬时的感觉，等等。因果律相应成为单向的了：在牛顿力学中一个太阳吸引一个行星，受精卵的一个基因产生如此这般的遗传性质，一种细菌产生这样那样的疾病，精神元素也用联想定律象珠链那样串了起来。康德的著名的范畴表试图把古典科学的基本概念系统化：典型的是相互作用和组织的概念只不过是空白的填充物或者完全没有。

我们认为现代科学的特征是在单向因果律中活动的可隔离的单位的概念已经不够用了。因此在一切科学领域出现的诸如全体、整体、有机体、格式塔（形态）等概念都说明我们终究必须按相互作用的元素的系统来思考。

同样，目的论和有向性过去也排除在科学之外，只是神秘的、超自然的或拟人的媒介的活动场所，或者就是天生与科学不同的假问题，仅仅是观察者的思想在受无目的规律支配的自然上的错误投影。不过，这些方面是存在的，如果不考虑叫法不一的适应性、目的性、寻的性之类，就无法理解生物，更不用说理解行为和人类社会了。

当前一致认为这些方面是科学需要认真对待的问题；而且我们可以提出模拟这种行为的模型。

前面已经提到两个模型。一个是等结果性，即从不同的初始状态以不同方式达到有共同特征的最终状态的趋势，其基础为达到稳定状态的开放系统的动态相互作用；第二个是反馈，通过自动平衡保持有特征的状态，或者寻求目标，其基础为送返偏离要保持的状态或要寻求的目标的信息的循环因果链和机制。第三个模型用于适应行为，是阿希拜研究的“大脑设计”。阿希拜偶然

巧合，用了同本文作者一样的一般系统的数学定义和方程。两人独立研究了自己的系统，并且有不同目的，得到了不同的定理和结论。阿希拜的适应模型大致是规定系统的阶跃函数，即，经过某个临界值之后，跳进新的微分方程组所确定的函数。就是说，经过一个临界状态，系统开始一种新的行为方式。于是，运用阶跃函数，系统表现出通过生物学家所谓的模索试验的适应行为：试验不同的方法和手段，最后处于不再同环境的临界值冲突的状态。阿希拜实际制造了类似电磁机的通过模索试验达到适应的系统，叫做同态调节器。

我不打算讨论这些目的论或有向行为模型的优缺点。但应强调的是，指向有特征的最终状态或目标的目的论行为并没有越出自然科学和将自身为无向、偶然性的过程作拟人化的误解。更确切地说它是这样一种行为形式：可以用科学术语明确定义，而且可以指出它的必要条件和可能的机制。

什么是组织？

同样的考虑也适用于组织的概念。组织也不同于机械论的世界。古典物理学、力学、电动力学等没有这个问题。而且，热力学第二定律认为有序的破坏是事物发展的一般方向。现代物理学则不同。怀特黑德（Whitehead）没有说错，原子、晶体、分子都是组织。在生物学中，按定义生物是有组织的东西。但尽管我们有大量有关生物学组织的数据——从生物化学到细胞学、到组织学和解剖学——我们还没有生物学组织的理论，即能够说明经验事实的概念模型。

不论是生物还是社会，它们的组织的特征就是整体、生长、变异、递阶秩序、支配、控制、竞争，等特征的概念。这些概念是普通物理学所没有的。系统论完全有能力处理这些问题。可以在系统的数学模型之内定义这些概念；而且在某些方面，从一般假设进行演绎，可以研究具体理论用于特殊情况。一个比较好的

例子是洛特卡、伏尔特拉、高斯等人提出的生物平衡、周期波动的理论。肯定能发现伏尔特拉的生物学理论和数量经济学理论在许多方面是同形的。

当然组织有许多方面不容易做定量的说明。这个困难自然科学也遇到了。因此，生物平衡理论或自然选择的理论是数理生物学的高度发达的领域，而且没有人怀疑它们是进化理论和生态学理论的合法的、相当正确的和重要的部分。但是把它们用于实际有困难，因为那些所选参数如选择值、破坏率和发生率等不易测度。因此我们必须满足于“原则的说明”，即能够导致有用结果的定性论据。

我们准备引用包尔丁（Boulding）的一本题为《组织的革命》的新书作为一般系统论用于人类社会的例子。包尔丁从一个组织的一般模型出发并指出他所谓的、适用于任何组织的“铁则”。例如马尔萨斯法则就是这种铁则，它认为人口的增加一般都大于资源的增加。于是就有一个最优组织规模的规律。组织长得越大，通讯道路越长，而且这一点根据组织的不同性质，变成了限制因素，不让组织长得超过某个临界规模。按照不稳定性法则，许多组织不是处在稳定平衡，而是处在周期波动之中，这是由子系统的相互作用引起的。顺便说一句，这一点可以用伏尔特拉理论来对付，伏尔特拉的所谓第一定律是两个种类群体数量的周期循环理论——其中一种吃另一种。重要的寡头垄断规律指出，如果有互相竞争的组织，它们关系的不稳定从而摩擦和冲突的危险将随这些组织的数目减少而增加。因此只要它们的规模小而数量大，就能在某种共存的方式中混下去。但如果只剩下少数或者只有一对竞争对手，就象今天的庞大的政治集团那样，冲突就成为可能两败俱亡的危险。还可以再举出一些类似的组织的一般定理。它们完全可能用数学方法去发展，就象某些方面实际所做到的那样。

一般系统论和科学的统一

在结束讨论之前简单谈一下跨学科理论的一般内容。

一般系统论的的综合功能可以大致归纳如下。在此以前，科学的统一表现为把所有科学简化为物理学，一切现象最终分解为物理事件。按我们的观点，科学的统一就有了一个更现实的方面。世界的统一概念的基础不是最后把各层次的现实简化为物理学层次的无益的、必然牵强的希望，而是不同领域的规律的同形性。用所谓“形式的”说法，即寻找科学的概念结构时这意味着我们所用图式的结构一致性。用“物质的”语言，这意味着世界即被观察事件的总体显示出一致性，表现为不同层次或领域中有同形的秩序痕迹。

现在我们得出了一个不同于简化论的概念，我们叫它做透视论。我们不可能把生物学、行为和社会的层次简化为物理学结构与规律的最低层次。但我们可以从各个层次中找出结构或可能还有规律。按赫胥黎（Aldous Huxley）一个比喻，世界是一块那不勒斯分色冰淇淋，其中各层次（物理、生物、社会与道德等层次）代表巧克力、草莓和香草层。我们不可能把草莓简化为巧克力——我们顶多可以说最后可能全是香草，全是思想或精神。统一的原理是我们在所有层次找到组织。将物理粒子的运动作为最终现实的机械论世界观在一种文明里找到了它的表示，它颂扬最终造成我们时代的灾难的物理技术。世界作为巨大组织的模型可能有助于增强生活的尊严感，这一点在血腥的前几十年人类历史中已经几乎丧失了。

教育中的一般系统论：造就科学通才

简单介绍一般系统论的意义和目的之后，现在我来回答它能对综合教育做什么贡献的问题。为避免派性，下面摘引几段没有

参加研究一般系统论的人的著述。

几年前，有个专家小组出版了题为“科学通才的教育”的文章。小组的成员有：工程师包德(Bode)，社会学家莫斯泰勒(Mosteller)，数学家特基(Tukey)，生物学家温索(Winsor)。他们强调“需要解决科学问题的更简单、更统一的办法。”他们写道：

> 常听说“一个人不可能门门都通”且“狭窄的专业太多。”……我们需要解决科学问题的更简单、更统一的办法，我们需要研究科学的人，但不是特定的科学，一句话，我们需要科学通才（包德等，1949年）。

往下作者们又说明为什么在物理化学、生物物理、医疗化学、医疗物理和数学等领域需要通才。他们继续写道：

> 任何研究小组都需要通才，不管它是大学或基金会的机关小组还是产业小组。……在工程小组里，通才自然是搞系统问题的。把零件装成平衡的整体的地方就有这种问题（包德等，1949年）。

在综合教育基金会的一次讨论会上，马瑟(Mather)教授（1951年）讨论了“一般教育的综合研究”。他说：

> 对一般教育的批评之一来自以下事实：
> 它很容易成为仅仅是半年或一年里尽可能多调查的许多领域的信息的讲述。……如果听听高年级学生的谈话，可能听到“教授们把我们填得满满的，但总体的含义是什么?”……更重要的是探索对整个知识体系有用的基本概念和根本原理。
> 在答复这些基本概念是什么时，马瑟说：
> 在许多不同领域工作的研究人員独立发展出很相似的一般

概念。这种对应现象更为重要是因为它们的基础是完全不同的事实。把它们发展出来的人大部分不知道别人的工作。他们从对立的哲学出发但得出了很相似结的论。……

〔马瑟小结说〕，因此可以理解，综合研究确是寻求了解实际的一个重要部分。

不用加以评论了。物理、生物、心理或社会科学的普通教育把这些学科当作独立的领域，一般趋势是越来越小的分领域成为独立的科学，而且这个过程要重复到每个专业成为一个不重要的小领域，同其它领域毫无联系。相反一般系统论想解决的却是从教育上训练“科学通才”和发展跨学科的“基本原理”。这并不是一个计划或者虔诚的愿望，因为我们已经试图说明，这种理论结构已经在发展过程中。在这个意义上，一般系统论是走向跨学科综合和综合教育的重要一步。

科学和社会

但我们谈教育并不单指科学的价值，即事实的通信和综合。我们还指伦理的价值，对发展人性有助。从我们刚才讨论的观点能得到什么呢?这涉及根本性的问题：一般科学的价值及行为和社会科学的价值。

关于科学价值及其对社会、人类福利的影响的流行论点大致如下。我们对物理规律的了解非常杰出，因此我们对无机世界的技术控制几乎是无限的。我们在生物规律的知识方面没有这样成熟，但对现代医学和应用生物学的大量生物技术已经够用了。人的寿命已经大大超过前几百年乃至几十年的限度。科学农业、畜牧业的现代方法的应用将足以维持将来远远超过目前地球上的人口数量。但不够的是人类社会规律的知识，从而社会学规律也掌握不够。因此物理学的成就被用来进行更加有效的破坏；世界很大饥荒,而一部分地区有另一部分则毁坏收成；战争和人类生命，

文化，和生存资料的滥施灭杀是摆脱无法控制的繁殖力和人口过多的唯一手段。为什么是这样呢?这是因为：我们只是对物理力量的了解和控制太多了，对生物力量的了解和控制还差不离，而对社会力量的了解和控制等于零。所以我们如果有很发达的人类社会的科学和相应的技术，那就是避免目前世界的混乱和即将出现的毁坏的途径。

实际上这很明显是柏拉图的教示的现代翻版：只有在统治者是哲学家的时候人类才有救。但是这个论点当中有难处。我们对科学控制的世界应是什么样子有很好的想法。最好的情况下，就象赫胥黎的《勇敢的新世界》，最坏的就象奥威尔(Orwell)的《1984年》。经验事实说明，科学成果在破坏上的利用，正好甚至还多于在建设上的使用。人类行为和社会的科学也不例外。事实上最大的危险可能是现代极权主义体系，它们不仅在物理学和生物学技术而且在心理学技术上令人瞠目地现代化。群众暗示、释放人类兽性本能、改造和思想控制等方法已经发展得高度有效；正因为现代极权主义令人恐惧地科学化，才使得以往的专制主义又成为不必认真的、比较无害的权宜之计。社会的科学控制不是通向乌托邦的大道。最终的警告：作为个体的人

最终的警告：作为个体的人

但我们可以用有点不同但更为适度的方式来设想对社会及其规律的科学理解。这种知识不仅能告诉我们人类行为和社会有哪些是和其它组织共同的，也告诉哪些是它们独特的。这里的主要信条应是：人不仅是一个政治动物；他首先是一个个人。人类的实际价值不是他与生物实体共有的价值，不是生物或动物群体的功能，而是出自个人思维的价值。人类社会不是由内在本能支配、由主导的整体规律控制的蚂蚁或白蚁的群体；它的基础是个人的成就，而且个人如果只是社会机器的齿轮，它注定要灭亡。我相信这是组织理论所能提供的最终警告：不是大小独裁者的

手册，使他们能通过科学运用铁的规律来更有效地压制人类，而是一个警告即组织的极权主义者不可能吞没个人而不自取灭亡。

3、从初等数学考虑的若干系统概念

系统概念

处理“元素”的复合体时要注意三个差别，即：1.按它们的数目；2.按它们的种类；3.按元素的关系。下列简单图示可以说明这一点（图3.1），a和b表示各个复合体。

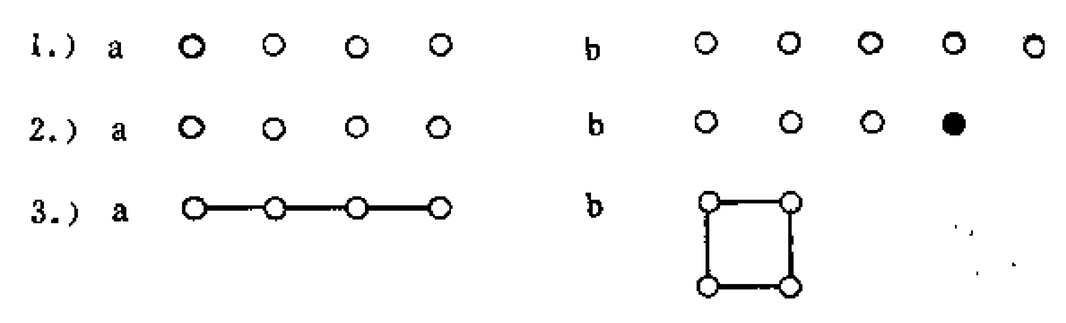


图 3.1.

在第1和2种场合，复合体可以理解为孤立考虑的元素之和。第3种场合，不但要知道元素，还应知道它们之间的关系。第一种的特征可以叫做“累积的”，第二种叫“构成的”。我们也可以说一个元素的累积特征是在复合体里外都一样的特征；因此它们的特征可以通过孤立时已知的元素特征和行为的累加来获得。构成特征是依存于复合体内特定关系的特征；所以要了解这类特征不仅要知道各个部分，还必须知道关系。

第一类的物理特征。比如重量或分子量（分别为重量和原子量的和）、热（当作分于运动的和），等等。第二类的例子是化学特征。（例如，异构现象，不同的化合物特征，它们的总构成相同而分于中的原于团排列不同）。

“整体大于部分之和”这个有点神秘的说法的意思简单说就

是，构成特征不能由孤立的各部分的特征来说明。因此复合体的特征与元素特征相比是“新的”或“突然发生的”。但如果我们知道系统里的各个元素和它们之间的关系，系统的行为就可以从元素的行为推导出来。我们也可以说：虽然我们可以设想某个总和是逐渐形成的，但作为具有相互关系的部分的总体的系统必须设想为瞬时间形成的。

从物理学角度来看，这些话是平凡无奇的；只是由于机械论概念的错误理解，造成将现象分解为独立元素与因果链而忽视相互关系的倾向，从而使这些话可能在生物学、心理学和社会学中成为问题并引起混乱。

在严密的推导中，一般系统论有公理的性质；就是说，表示系统特性和原理的命题可以从“系统”的概念和一个适当的公理集演绎出来。然而下列考虑的要求低得多。用简单和直观的表述来说明某些系统原理，而不顾及数学的严密和一般性。

系统可以定义为相互关联的元素的集。相互关联指元素集P在关系集R中，因此R中的一个元素P的行为不同于它在别的关系R^1中的行为。如果在R和R^1中的行为没有差别，就没有相互作用，元素行为就独立于关系R和R^1。

从数学上定义系统的方法有好多种。我们选择联立微分方程组来说明。元素Pi（i＝1，2，……n）的某个测度记为Qi，对于有限数目的元素和最简单的情况，这些测度有如下形式：

$$
\left.\begin{aligned}
\frac{dQ_1}{dt} &= f_1(Q_1, Q_2 \cdots\cdots Q_n) \\
\frac{dQ_2}{dt} &= f_2(Q_1, Q_2 \cdots\cdots Q_n) \\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\
\frac{dQ_n}{dt} &= f_n(Q_1, Q_2 \cdots\cdots Q_n)
\end{aligned}\right\} \quad (3.1)
$$

因此任何测度Q_i的变化都是所有从Q_1到Qn的Q的函数；反过来，任何Qi的变化会使所有其它测度及整个系统变化。

这种方程组在许多领域都能碰到，它代表着动力学的一般原

理。例如，在斯克雷贝尔（Skrabal, 1944年，1949年）研究的“同时动力学”中，这是质量作用律的一般表示。同一系统也为洛特卡（Lotka，1925年）作广义的使用，特别是在人口统计问题上。伏尔特拉（Volterra）、洛特卡、德安考纳（D'Ancona）、高斯等人研究的生物群落系统中的方程是（3.1）方程的特例。斯皮格尔曼（Spiegelman，1945年）在细胞过程动力学和生物机体内竞争理论中所用的方程也是如此。维纳把一个类似的但更为一般的系统（考虑系统是连续的，因此对x、y、z和t用了偏微分方程）作为药物动力学的基本规律，由此药物作用的各种规律可以通过引入有关的特殊条件而导出。

当然这种“系统”定义不够一般。它从空间和时间条件抽象出来，后者要用偏微分方程表示。它也是从事件对系统以往历史的可能依存关系（广义的“滞后现象”）抽象出来的；考虑这点将如伏尔特拉（1931年；并可参考德安考纳，1939年）和唐南（Donnan，1937年）所探讨的那样使系统进入积分-微分方程。引入这些方程有确定的含义：所考虑的系统应当不仅是空间而且是一个时间的整体。

尽管有这些限制，方程（3.1）可以用来讨论某些一般系统的性质。虽然对于测度Q_i或函数f_i的性质即对于系统内的关系或相互作用并没有涉及，但可以推出某些一般原理。

以不出现变化，$dQi/dt=0$，为特征的平衡态的条件为

$$f_1=f_2=\cdots\cdots f_n=0 \tag{3.2}$$

由此即得几个变量的几个方程，求解后得值：

$$\left.\begin{array}{l}Q_1=Q_1^*\\Q_2=Q_2^*\\\cdots\cdots\cdots\\Q_n=Q_n^*\end{array}\right\} \tag{3.3}$$

这些值是常数，因为按前提是没有变化的。一般说来，应当有若干平衡态，有些稳定，有些不稳定。

可以引入新的变量：

$$Q_i = Q_i^* - Q_i^1 \qquad (3.4)$$

并重新表述方程组（3.1）：

$$\left.\begin{aligned}
\frac{dQ_1^1}{dt} &= f_1^1(Q_1^1, Q_2^1, \cdots\cdots Q_n^1) \\
\frac{dQ_2^1}{dt} &= f_2^1(Q_1^1, Q_2^1, \cdots\cdots Q_n^1) \\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\
\frac{bQ_n^1}{dt} &= f_n^1(Q_1^1, Q_2^1, \cdots\cdots Q_n^1)
\end{aligned}\right\} \qquad (3.5)$$

假定这个体系可以用泰勒级数展开：

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{dQ_1^1}{dt} = a_{11}Q_1^1 + a_{12}Q_2^1 + \cdots\cdots \\
&a_{1n}Q_n^1 + a_{111}Q_1^{12} + a_{112}Q_1^1Q_2^1 + a_{122}Q_2^{12} + \cdots\cdots \\
&\frac{bQ_2^1}{dt} = a_{21}Q_1^1 + a_{22}Q_2^1 + \cdots\cdots \\
&a_{2n}Q_n^1 + a_{211}Q_1^{12} + a_{212}Q_1^1Q_2^1 + a_{222}Q_2^{12} + \cdots\cdots \\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\
&\frac{dQ_n^1}{dt} = a_{n1}Q_1^1 + a_{n2}Q_2^1 + \cdots\cdots \\
&a_{nn}Q_n^1 + a_{n11}Q_1^{12} + a_{n12}Q_1^1Q_2^1 + a_{n22}Q_2^{12} + \cdots\cdots
\end{aligned}\right\} \qquad (3.6)$$

这个方程组的一般解为：

$$\left.\begin{aligned}
Q_1^1 &= G_{11}e^{\lambda 1t} + G_{12}e^{\lambda 2t} + \cdots\cdots G_{1n}e^{\lambda nt} + G_{111}e^{2\lambda 1t} + \cdots\cdots \\
Q_1^2 &= G_{21}e^{\lambda 2t} + G_{22}e^{\lambda 2t} + \cdots\cdots G_{2n}e^{\lambda nt} + G_{211}e^{2\lambda 1t} + \cdots\cdots \\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\
Q_n^1 &= G_{n1}e^{\lambda 1t} + G_{n2}e^{\lambda 2t} + \cdots\cdots G_{nn}e^{\lambda nt} + G_{n11}e^{2\lambda 1t} + \cdots\cdots
\end{aligned}\right\} \qquad (3.7)$$

其中G为常数，λ为以下特征方程的根：

$$\begin{vmatrix}
a_{11}-\lambda & a_{21} & a_{1n} \\
a_{21} & a_{22}-\lambda & a_{2n} \\
\cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots \\
a_{n1} & a_{n2} & a_{nn}-\lambda
\end{vmatrix} = 0 \qquad (3.8)$$

根λ可以是实数，也可以是虚数。考查方程（3.7）发现如果所有λ为负实数（或者，如果是复数，但其中实数部分是负数），

Q_i'随时间增加而趋向0，因为$e^{-\infty}=0$；但按照（3.5），$Q_i=Q_i^*-Q_i'$，所以Q_i得到定态值Q_i^*。这种场合的平衡是稳定的，因为在充分的时间期间系统趋向于平衡态。

但是，如果有一个λ是正的或是0，平衡就不稳定，即系统要离开平衡态。

最后如果一些λ是正数和复数，系统有周期项，因为复指数的指数函数取形式：

$$e^{(a-ib)t}e^{at}(\cos\ bt-i\sin bt)。$$

这种场合有周期波动——一般是衰减的。

为说明起见，考虑最简单的情况$n=2$，这是由两种元素组成的体系：

$$\left.\begin{aligned}\frac{dQ_1}{dt}&=f_1(Q_1,\ Q_2)\\ \frac{dQ_2}{dt}&=f_2(Q_1,\ Q_2)\end{aligned}\right\}\qquad(3.9)$$

再假定函数能够形成泰勒级数，其解为：

$$\left.\begin{aligned}Q_1&=Q_1^*-G_{11}e^{\lambda 1t}-G_{12}e^{\lambda 2t}-G_{111}e^{2\lambda 1t}-\cdots\cdots\\ Q_2&=Q_1^*-G_{21}e^{\lambda 1t}-G_{22}e^{\lambda 2t}-G_{211}e^{2\lambda 1t}-\cdots\cdots\end{aligned}\right\}\qquad(3.10)$$

Q_1.、Q_2^*.是令$f_1=f_2=0$时得到的Q_1、Q_2的定态；G都是积分常数；λ是下列特征方程的根：

$$\begin{vmatrix}a_{11}-\lambda & a_{12}\\ a_{21} & a_{22}-\lambda\end{vmatrix}=0,$$

或展开后：

$$(a_{11}-\lambda)(a_{22}-\lambda)-a_{12}a_{21}=0,$$

$$\lambda^2-\lambda C+D=0,$$

$$\lambda=\frac{C}{2}\pm\sqrt{-D+\left(\frac{C}{2}\right)^2},$$

有

$$C=a_{11}+a_{22};\quad D=a_{11}a_{22}-a_{12}a_{21}。$$

当：

$$C<0,\ D>0,\ E=C^2-4D>0,$$

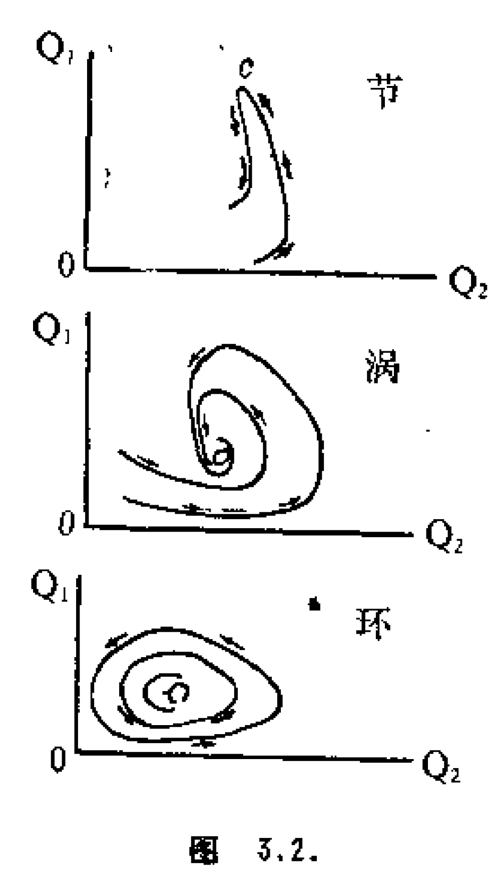


图 3.2.

特征方程的两个解都是负的。因此给出了节点；在$e^{-\infty}=0$时体系趋向稳定的平衡态（Q_1^*，Q_2^*），且因此第二项及以后各项逐渐减少（图3.2）。

当：$C<0, D>0, E=C^2-4D<0$，特征方程的两个解是有负实数部分的复数。在此例中我们有一个回环，（Q_1，Q_2）点趋于（Q_1^*，Q_2^*），指出一个螺旋曲线。

当：

$$C=0,\ D>0,\ E<0,$$

两个解都是虚的，因此解中包含周期项；有围绕定态值的循环或震动。点（Q_1、Q_2）描述围绕（Q_1^*，Q_2^*）的闭锁曲线。

当：

$$C>0,\ D<0,\ E>0,$$

两解皆正且无平衡态。

生　长

这种类型的方程在许多领域都有，我们可以用体系（3.1）来描述各领域中系统规律的形式上的同一性，换句话说，就是证明一般系统论的存在。

用最简单的例子即只有一种元素的系统就能说明这个问题。这样方程组就简化为单一方程：

$$\frac{dQ}{dt}=f(Q), \tag{3.11}$$

可展开为泰勒级数：

$$\frac{dQ}{dt}=a_1Q+a_{11}Q^2+\cdots\cdots \tag{3.12}$$

在元素不存在"自产生"的情况中，此级数没有常数项。当$Q=0$时dQ/dt消失，这只有在常数项等于零时才有可能。

只有当仅保留级数的第一项时能实现最简单的情况：

$$\frac{dQ}{dt}=a_1Q, \tag{3.13}$$

这说明系统的生长直接与出现的元素数目成比例。视常数a_1是正或负而决定系统的生长是正或负，系统是增或减。其解为：

$$Q=Q_0e^{a_1t}, \tag{3.14}$$

Q_0表示$t=0$时的元素数目。这是在许多领域中发现的指数律(图3.3)。

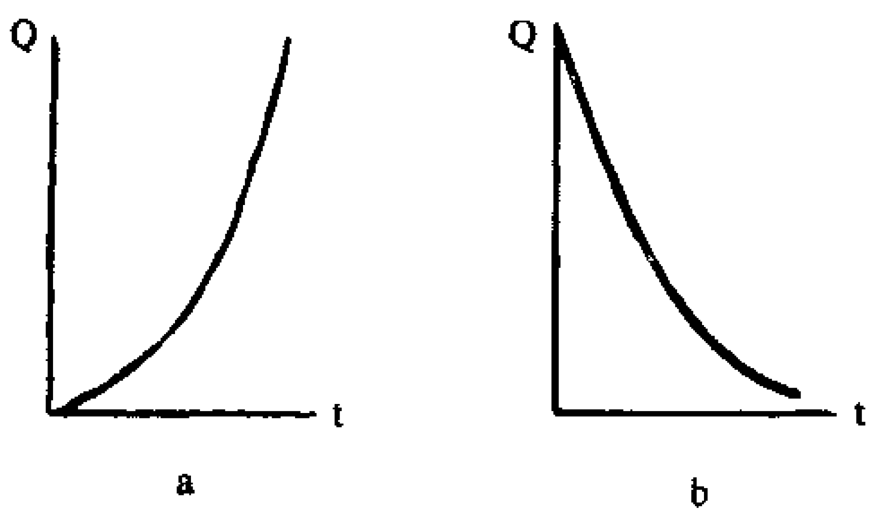


图3.3 指数曲线

在数学中，指数律被叫做"自然增长律"，在$a_1>0$时适用于资本的复利增长。在生物学中，它适用于某些细菌和动物的个体生长。在社会学中，适用于植物或动物群体的不受限制的生长，最简单的细菌增长的例子是每一个个体分成两个，又分成四个，等等。在社会科学中就叫做马尔萨斯定律并显示出生率高于死亡率的人口的无限增殖。它还显示以科学教科书页数或有关果蝇的出版物数量为衡量尺度的人类知识的增长（黑希(Hersh)，1942年）。当常数为负（$a_1<0$）时，指数律适用于放射性衰变、单分子

反应中化合物的分解、用射线或药剂灭菌、多细胞生物饥饿时身体物质减少、出生率低于死亡率的群体的灭绝，等等。

回到方程（3.12），若保留两项，得：

$$\frac{dQ}{dt}=a_1Q+a_{11}Q^2 \tag{3.15}$$

方程的解为：

$$Q=\frac{a_1Ce^{a_1t}}{1-a_{11}Ce^{a_1t}} \tag{3.16}$$

保留第二项有重要后果。简单的指数方程（3.14）显示无限增长；考虑第二项，即得S形曲线并达到极限值。这条曲线是所谓的逻辑斯蒂曲线（图3.4），也有广泛用途。

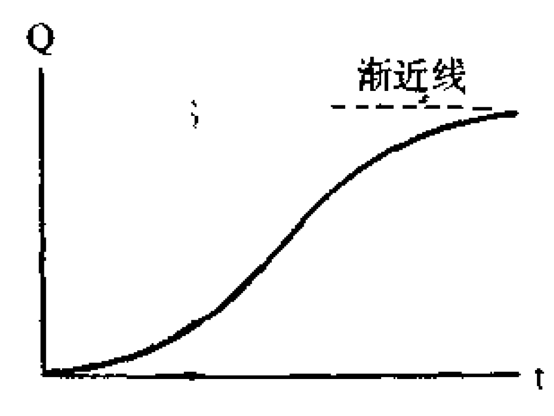


图3.4 逻辑斯蒂曲线。

在化学中，这是自催化反应的曲线，即得到的反应产物加速本身的生产。在社会学中，这是弗尔豪斯特（Verhulst，1838年）定律——说明资源有限时的人口增长。

这些例子在数学上没什么了不起，它们对现在讨论的问题说明了一点有意义的事实，即有些自然规律不仅可以通过实验获到，也可以用纯粹的形式方法获得。讨论的方程并没有显示比更一般的方程组（3.1）更多的东西，只是应用了它的泰勒级数展开和适当的条件。在这个意义上，这些定律是“先验的”，独立于它们的物理、化学、生物、社会学等的解释。换言之，这显示了一般系统论的存在，它处理系统的形式特征，具体事实是它们规定变量和参数的特殊应用。再用别的话说，这些例子说明自然

界的形式上的一致性。

竞　争

我们的方程组也可以表示部分之间的競争。

最简单的可能情况仍然是所有系数 $(aj\neq i)=0$，即每个元素的增长只决定于这个元素本身。则两个元素时有：

$$\left.\begin{aligned}\frac{dQ}{dt}&=a_1Q_1\\ \frac{dQ_2}{dt}&=a_2Q_2\end{aligned}\right\}\tag{3.17}$$

或者

$$\left.\begin{aligned}Q_1&=C_1e^{a_1t}\\ Q_2&=C_2e^{a_2t}\end{aligned}\right\}\tag{3.18}$$

消去时间，得：

$$t=\frac{\ln Q_1-\ln C_1}{a_1}=\frac{\ln Q_2-\ln C_2}{a_2}\tag{3.19}$$

和

$$Q_1=bQ_2^{\alpha}\tag{3.20}$$

$$\alpha=a_1/a_2,\ b=c_1/c_2^{\alpha}。$$

这个方程在生物学中叫比速生长方程。在这里，假设各部分生长的最简单形式即指数形式（3.17和3.18）。但在更复杂一点的场合，例如按抛物线、逻辑斯蒂、龚派兹函数——或者精确地，或者近似地——的生长中，比速生长的关系也是存在的（刘穆尔(Lumer)，1937年）。

比速生长方程可用于形态学、生物化学、生理学和种系发育等的数据，范围很广。它的含义是某一特征Q_1可以表示为另一特征Q_2的幂函数。取形态发生的例子。某一器官的长度或重量Q_1一般都是另一器官的大小、或待研究的生物的总长和总重Q_2的比速生长函数。如果把方程（3.17）写成如下稍不同的形式，这点就清楚了：

$$\frac{dQ_1}{dt}\cdot\frac{1}{Q_1}:\frac{dQ_1}{dt}\cdot\frac{1}{Q_2}=\alpha, \tag{3.21}$$

或者

$$\frac{dQ_1}{dt}=\alpha\cdot\frac{Q_1}{Q_2}\cdot\frac{dQ_2}{dt} \tag{3.22}$$

方程（3.21）说明所讨论的部分Q_1和Q_2的相对生长率（即作为实际大小的百分数计算的增长）在一生中或在比速生长方程有效的寿命期中有固定比例。方程（3.22）说明了这种令人吃惊的关系（因为生长过程很复杂，初看似乎部分的生长不可能受这样简单的代数方程的支配）。据此方程，可以解释为分配过程的结果。令Q_2为整个生物，则方程（3.22）说明器官Q_1从整个生物新陈代谢所得的增长（dQ_2/dt）中取了同它对后者的实际比例（Q_1/Q_2）。成比例的分额。α是表示器官获取它的分额的能力的分割系数。如果$a_1>a_2$即$\alpha=a_1/a_2>1$；说明Q_1的生长强度大于Q_2。器官比其它部分得到的多，因此生长得快些或者是有正的比率。反过来，如果$a_1<a_2$即$a<1$则器官生长得慢些，或者有负的比率。同样，比速生长方程也可用于生物的生物化学变化和生理功能。例如，有许多种动物，如果同种或近种的生长中的动物相比；基础代谢增加为相对于体重的$a=2/3$，这说明基础代谢一般是体重的面函数。在昆虫幼虫和蜗牛等例中$\alpha=1$，即基础代谢与体重本身成比例。

在社会学中，则是表示一国之内收人分配的帕累托定律（1897年）。$Q_1=bQ_2\alpha$，此处Q_1＝获得一定收入的个人数目；Q_2＝收入量，b和α是常数。其解释同上述相似，只是以国民收人代“整个生物机体的增长”，以有关个人的经济能力代“分配常数”。

如果考虑系统各部分之间相互关系，情况就更加复杂了，即若$aj\neq i\neq 0$。则我们遇到的方程组就会象伏尔特拉（Volterra，1931年）研究种族间竞争的方程组一样，或者和斯派格曼（Spiegelman，1945年）研究生物内竞争的方程组一样。这些情况在文献里已有许多论述，这里不详细谈。可以举出有普遍意

义的一、两点。

有个有趣的结果是，在伏尔特拉方程中，两个物种对一些资源的竞争在某些方面比肉食动物及其牺牲品的关系还要尖锐，即一物种被另一物种消灭。竞争最终导致生长能力较小的种族灭绝；肉食动物和牺牲品的关系只导致有关物种的数目围绕平均值周期振动。这些关系在生物群落系统已有说明，但显然还有社会学上的意义。

还应当提出一点在哲学上有意义的结果。当我们谈到"系统"的时候，我们是指"整体"或"统一体"。那么引进同整体相对的、它的部分之间的竞争的概念看来是相悖的了。但实际上这些显然矛盾的说法都是系统的实质。每个整体都以它的元素的竞争为基础，并以"部分之间的斗争"为前提（鲁克斯〔Roux〕）。后者是简单物理-化学系统和生物、社会单位的组织的一般原理，而且最后是实际表现出来的对立物的统一的表示。

整体、总和、机械化、集中化

刚才探讨的概念常被认为只表述生物的特征，甚至是生机论的证据。实际上它们是系统的形式特征。

（1）我们再次假定方程（3.1）可以展开为泰勒级数：

$$\frac{dQ_1}{dt}=a_{11}Q_1+a_{12}Q_2+\cdots\cdots a_{1n}Q_n+a_{111}Q_1^2+\cdots\cdots \qquad (3.23)$$

可见某量Q_i的任何变化都是所有元素Q_1至Q_n的量的函数。另一方面，某个Q_i的变化引起整个系统和所有其它元素的变化。因此系统作为整体活动，每个元素的变化取决于所有其它元素。

（2）现在令变量$Q_j(j\neq i)$的系数都等于零。方程组退化为：

$$\frac{dQ_i}{dt}=a_{i1}Q_i+a_{i11}Q_i^2+\cdots\cdots \qquad (3.24)$$

说明每个元素的变化只决定于该元素本身。因此可以认为每个元素都独立于其它元素。整个复合体的变化是它的元素的变化

的（物理）和。我们可以将这种行为称做物理累加性或独立性。

累加的定义是一个复合体可以通过一步步加进原来分散的元素来构成；反过来，复合体的特征可以完全分解为孤立的元素的特征。这一点对被称为“堆”的复合体，如砖堆或杂物堆等，是对的，对于按力的平行四边形作用的机械力也是如此。它不适用于德国叫做格式塔心理学的系统。举最简单的例子：三个带电导体，其电荷可分别测度。但如果用导线把三者接通，每个导体的电荷便决定于连通的整体，与隔绝时不同。

虽然从物理学看这点毫不足奇，但有必要强调物理和生物系统的非累加特征，因为方法论观点总是主要取决于机械论方案（冯•贝塔兰菲，1949年a，1960年）。在罗素（Lord Russell，1948年）的书里我们发现惊人的、反对“生物体概念”的观点。按罗素的看法，这个概念说明支配各个部分行为的规律只能从各个部分在整体中的位置去说明。罗素反对这个观点。他举了眼睛的例子。一只眼睛作为光接受器的功能完全可以在它孤立使用时理解，只需要考虑内部的物理-化学反应，以及进来的刺激和输出的神经脉冲。“科学进步是靠分析和人为的隔绝取得的。……因此在任何情况下都可以认真地把机械论观点当作实用的假设来使用，只有在反对它的证据确凿时才能摒弃。至于生物学现象，这种证据至今还完全没有。”当然，累加原理在某种程度上可以用于生物。心搏、神经-肌肉标本的抽搐、神经的活动潜力不论孤立研究和在生物整体当中研究，结果都一样。这一点适用于我们即将定义的高度“机械化的”局部系统中出现的现象。但罗素的说法对于基本的、主要的生物现象显然是不正确的。你不管研究哪一类生物现象，无论是胚胎发育、新陈代谢、生长、神经系统的活动、生物群落，等等，都可以发现元素的行为在系统之内和孤立在外时是大有区别的。不能把隔绝的部分的行为加总成为整体，必须考虑各从属系统和主导系统之间的关系才能了解各部分的行为。分析和人为隔离是有用的，但对生物学的实验和理论都还不是充分的方法。

（3）数学意义上的累加性是指整个系统的变化所服从的方程与部分所服从的方程形式上一样。只有在方程右侧函数只包含线性项时这一点才有可能；这是个平凡的情况。

（4）还有一种情况，在物理系统不常见而对生物、心理、社会学系统来说是常见且基本的。这是元素之间相互作用随时间减弱的情况。用我们的基本模型方程（3.1）来表示，它的含义是，Q_i的系数不是常数，而是随时间而减少。最简单的情况是：

$$\lim_{t\to\infty} a_{ij} = 0 \tag{3.25}$$

此例中系统将从整体的状态逐渐演变为各元素独立的状态。最初状态是统一的系统，后来逐渐分解为独立的因果链。可以把这种情况叫做逐渐分离。

物理整体的组织如原子、分子、晶体等，一般是由原先存生的元素结合而成的。与此对比，生物整体的组织是由分离成为部分的原有整体的分化构成的。一个实例是胚胎发育的决定，胚芽从等势性状态走向一个它的行为象是由独立发育为特定器官的区部的加总或拚合的状态。神经系统的发育演化；和从整体或大的区部的活动开始，演变到建立一定的中心和局部反射弧的行为，还有其它许多生物现象也都是这样。

分解在生物界占优势的原因看来是分解成从属部分系统时造成系统复杂性的增加。向较高秩序转变的这一过程以能量的供应为前提，而只有在系统是开放系统即能从环境获取能量时，能量才能不断向系统提供。这个问题往下还要讲。

处于整体状态的系统，扰动将导致系统进入一个新的平衡状态。但若系统分解为各个因果链，这些过程便独立进行。机械化增加是指元素更加决定于只决定于它们自己的功能，结果就失去了整个系统中由于相互作用而产生的可调节性。相互作用系数越小，有关的Q_i项就愈可以忽略，系统就越“象机器”即，象各独立部分之和。

这个叫做“逐渐机械化”的事实在生物学中有重大作用。首

先是系统的行为来自系统内的相互作用；其次元素取决于只依赖这些元素本身的作用；从而出现整体行为向累加行为的过渡。胚胎发育中即有这种例子，原先每一区部的行为决定于它在整体中的位置，因此任意扰动后的调节是可能的；后来各胚胎区部只对一个行为，例如发育成某一器官是确定的。同样，在神经系统中，某些部分成为某些——例如反射——行为的不能更替的中心。但机械化在生物学领域不会完全实现；即使生物各个部分机械化了，它仍然是统一的系统；这是调节与变化的环境要求之间的相互作用的基础。同样的考虑也适用于社会结构。在原始社会中每个成员几乎可以完成他与全体有关的一切预期的事情；在高度分化的社会每个成员被确定于某一行为或某些行为。某些昆虫群体将这点发挥到极端状态，个体已经成为确定实行某些行为的机器。蚂蚁群体中个体被确定为工蚁或兵蚁，办法是在某些阶段给不同的营养，这点与胚种区部的发育命运的个体发生学上的确定性非常相似。

整体与总和之间的这种差异中存在着生物学、生理学、社会学进化的悲剧性压力。进步只能通过从未分化的整体到各部分的分化。但这说明部分对于某种活动是固定的。因此逐渐分解也意味着逐渐机械化。但逐渐机械化意味着逐渐丧失可调节性。只要系统是统一的整体，由于系统内的相互作用，达到新的稳定状态之后就会出现扰动。系统自行调节。但若是系统分解为独立的各个因果链，可调节性即消失。就会实行互不相干的部分过程。例如胚胎发育时确定性随可调节性减少而增加，就属于这种行为。

进步只能通过把原先是统一的行动细分为专门的各部分的活动才有可能。但这意味着与此同时可能丧失在未确定的状态中仍有可能的行动。各部分越以某种方式专门化，它们就越不能替代，这些部分的损失就可能导致整个系统瓦解。用亚里斯多德的话说，每一种进化在展现某种潜在性的同时摘去了许多其它可能性的蓓蕾。这一点随处可见：胚胎发育、种系发生专门化、科学或日常生活的专门化（冯·贝塔兰菲，1949年a，1960年）。

整体行为和累加的行为，统一的概念和元素构成的概念，往往被看成是对立的事物。但是常常发现它们之间没有矛盾，而是逐步由作为整体的行为过渡到累加的行为。

(5) 与此相联系的还有另一种原理。假定一个元素P_s的系数在所有方程中都较大，而其它元素的系数较小或甚至为零。此时系统如：

$$\left.\begin{aligned}\frac{dQ_1}{dt} &= a_{11}Q_1+\cdots\cdots a_{1s}Q_s+\cdots\cdots\\ \frac{dQ_s}{dt} &= a_{ss}Q_s+\cdots\cdots\\ \frac{dQ_n}{dt} &= a_{n1}Q_1+\cdots\cdots a_{ns}Q_s+\cdots\cdots\end{aligned}\right\} \qquad (2.26)$$

如果为简化起见只写线性项。

于是给出的关系可用几种方式表示。可以把元素P_s叫做主导部分，或者说系统以P_s为中心。如果一些或一切方程的P_s的系数a_{is}都较大而P_s本身的方程中的系数都较小，则P_s的小变化即可导致整个系统的相当大的变化，于是P_s可以称做触发器。P_s的小的变动会在整个系统中“放大”。从能量的角度看，这时我们找不到“原因与结果相等”原理成立的“守恒因果律”，只能找到“诱发因果律”(米塔希 (Mittasch), 1948年) ——P_s在能量上的不大的变化引起整个系统的重大变化。

在生物学方面集中化原理有特别重要的意义。逐渐分解通常同逐渐集中化相联系，后者的表示是主导部分的决定于时间的演进，即方程系 (3.25) 和 (3.26) 的组合。与此同时，逐渐集中化的原理又是逐渐个体化的原理。一个“个体”可以定义为一个集中化的系统。严格说来，在生物学方面这就是个极限情况，只在个体发生和种系发生上趋向通过逐渐集中化而长得越来越统一、越“不可分”的生物。

各种系统都有这些情况。哈特曼 (Nicolai Hartmann) 甚至要求每一个“动态结构”集中化。因此他在物理学领域只承认少数几种结构——尺度最小的 (作为围绕核子的电子行星系的原

子）和尺度大的（以太阳为中心的行星系）结构。从生物学角度，我们要强调逐渐机械化和集中化。原始状态是系统行为来自等势性部分的相互作用的状态；逐渐出现了从属于支配部分的部分。例如在胚胎学中，这些叫做组织者（斯皮曼（Spemann））；在中枢神经系统中，各个部分起先和低等动物的扩散神经系统一样有较大的等势性；后来出现了对神经系统主导中心的从属关系。

这样，同逐渐机械化一样，生物学中有一种逐渐集中化的原理，它表示为主导部分随时间逐渐形成，即方程系（3.25）和（3.26）的组合。这个观点启发了一个重要但不易定义的个体的概念。"个体"就是"不可分的"。但，如果水螅能切成许多块而后还可以再生为一个完整的动物，它能不能叫做"个体"呢？实验时很容易制造双头水螅；而这两个头还会为食料而争斗，虽则那一边捉到食物都无关紧要；吃下去之后到达共同的胃里消化为所有部分受益。甚至在较高等的生物界个体性也是有问题的，至少在早期发展阶段是这样。不仅海胆胚胎剖成两半后都能长成完整的动物，蝾螈的半个胚胎也行；人类的双生子一模一样也是自然界在实现德莱斯奇（Driesch）实验的结果。同样的考虑适用于动物的行为：对于低等动物，趋激性可以通过身体的两半的对抗活动发生，如果它们适当受到刺激；顺着进化阶梯上升，集中化逐渐增加；行为不是同级的部分机制的结果，而是由神经系统最高中心支配和统一的（参见冯·贝塔兰菲，1937年）。

因此严格讲来，生物学的个体性是不存在的，只有来自逐渐集中化的、进化和发育过程中的逐渐个体化，一些部分起支配作用并确定整体的行为。所以逐渐集中化的原理也构成了逐渐个体化。个体可以定义为集中的系统，这实际是发育和进化过程所达到的极限情况，从而生物更加统一且"不可分"（参见冯·贝塔兰菲，1932年）。在心理学领域中，类似现象是格式塔派的"中心性"，例如在感觉中；这种中心性是必要的，因此心灵形态才有相互的区别。同联想心理学的"无级性原理"不同，梅兹格

(Metzger)，1941年）认为“每一种心灵的形成、对象、过程、经验一直到最简单的感觉的格式塔（形态），都有某种权数分布和集中化；在它的各部分、轨迹和性质中间有等级次序，有时有派生的关系。”同样也适用于社会学领域：乌合之众没有“个体性”；为使一个社会结构区别于其它结构，有必要围绕某些个体来组织。因同样理由，湖泊或森林这样的生物群落并不是一个“生物”，因为个别生物通常或多或少在较大程度上是集中的。

在研究工作中忽视逐渐机械化和集中化往往会导致假问题，因为只承认独立的和累加的元素的极限情况，或者等价元素的完全的相互作用，而不承认生物学上很重要的中间情况。作用这点对“基因”和“神经中枢”问题有用。较老的遗传学（不是现代遗传学）倾向于把遗传物质看成确定各个特征或器官的微粒单位的总和；反对意见显然认为高分子的总和不能产生生物的有组织的整体。正确答案应是整个染色体组产生整个生物，但某些基因主要确定某些性质的发展方向，即作为“主导部分”起作用。这一点表示为以下的深刻见解：每一种遗传性质由许多甚至全部基因共同确定，而且每一个基因不仅影响单独一个性质而且可能影响整个生物（特征的多源性和基因的多象性）。同样方式，在神经系统的功能中显然有两种选择，一是把它当作各个功能的机制之和，或者当作同质的神经网络。这里正确的概念同样是任何功能最终都是来自所有部分的相互作用，但中枢神经系统的某些部分对它有决定性影响，因此可以叫做该功能的“中心”。

（6）前面讲的这些可作如下的更为一般的（但不太能直观）表述。如果Q_i的变化是Q_i以及它们在空间座标中的导数的任一函数F_i：

（2）若$\frac{\partial F_i}{\partial Q_j}=0$，$i\neq j$：“独立”；

（4）若$\frac{\partial F_i}{\partial Q_j}=f(t)$，$\lim\limits_{t\to\infty}\frac{\partial F_i}{\partial Q_j}=0$：“逐渐机械化”；

（5）若$\frac{\partial F_i}{\partial Q_j}$ $j\neq s$，或甚至：$\frac{\partial F_i}{\partial Q_j}=0$：$Q_s$是“主导部分”。

(7) 前面概括的系统概念还应有重要的补充。系统通常要构造得使它们的各个成分同时又是紧接着的较低递级系统。因此记为Q_1、Q_2……Q_n的每一个元素是元素O_{i1}、O_{i2}……O_{in}的系统，其中每个系统O又是用类似（3.1）的方程定义的：

$$\frac{dO_{ii}}{dt}=f_{ii}(O_{i1}, O_{i2}, \cdots\cdots O_{in})。$$

系统的这种迭加方式叫做递阶秩序。同样，整体性、累加性、逐渐机械化、集中化、结尾，等等方面都适用于它的各个层次。

这种递阶结构和合并为甚至更高阶的系统是整个客观现实的特征，在生物学、心理学、社会学方面有根本的重要性。

(8) 一项重要区别是封闭系统和开放系统的差别。这将在第6～8章讨论。

结　尾

前面已经看到，所讨论类型的方程组可以有三种不同的解。所研究的系统可能随时间渐近地达到稳定的平衡态；它可能永不能达到此状态；或者会出现周期振动。在系统趋近平衡态时，它的变动不仅可用实际条件，并且也用离平衡态的距离来表示。如果Q_i^*是平衡态的解，新的变量：

$$Q_i=Q_i^*-Q_i^1$$

可以引入使

$$\frac{dQ_1}{dt}=f(Q_1^*-Q_1^1)(Q_2^*-Q_2^1)\cdots\cdots(Q_n^*-Q_n^1) \qquad (3.27)$$

此式可作如下说明。在系统趋向平衡态时，发生的变化不仅可以用实际条件表示，也可以用它离平衡状态的距离来表示；系统似乎瞄准只能在将来才能达到的这一平衡“目标”。或者发生的情况可以表示为依赖未来的最终状态。

长期以来物理学的某些表述有明显的最终性质。这适用在两个方面。这种目的论在力学的最小原理中特别明显。莫珀图

（Maupertuis）已经认为他的最小原理是这样一种观点的证明：在许多实际运动中，以最小努力取得最大效果的一种运动能够实现的世界是“所有世界中最好的”而且是有目的的创造者的作品。欧拉（Euler）有类似的说法“因为整个世界的创建是最杰出的，同时因为它由最聪明的创造者造就，世界上找不到不能显示最大或最小特征的事情。”在查特利（Le Chatelier）的物理化学原理和楞次（Lenz）的电气规律中可以看到类似的目的论方面。所有这些原理说明在扰动的情况下，系统将发展反抗干扰的力量并恢复平衡状态；它们是最小效应原理的衍生物。与力学最小作用原理相似的原理适用于任何类型的系统；因此伏尔特拉（Volterra，参见德安考纳〔d'Ancona〕，1939年）指出，出现类似最小作用原理的地方就可以发展同机械动力学相似的人口动态学。

拟人的解释在概念上的错误很容易看出。最小作用原理和有关原理，简单说就是出自以下事实：如果系统到达平衡态，导数为零；这说明某些变量达到极值——最小或最大；只有在这些变量用拟人词语如效应、约束、功等等表记时，物理过程中的明显的目的论才在物理作用中出现（参考巴温克〔Bavink〕，1944年）。

“结尾”也可以从对未来的依赖的意义上去说明。从方程(3.27)可以看出，实际上发生的事情可以不作为由实际条件决定的东西，而作为由要达到的最终状态确定的东西。其次，这个表述有一般性；它不但适用于力学，并适用于任何系统。第三，问题在生物学和哲学中常被曲解，所以很有必要澄清。

现在我们变动一下，用本书作者提出的生长方程（冯·贝塔兰菲，1934年及其它著述)：$l=l^*-(l^*-l_0)e^{-kt}$，式中l代表动物在时间t的长度，l^*是最终长度，l_0是初始长度，k是常数。方程似乎说明动物在时间t的长度l由只在无限长时间之后才能达到的最终值l^*确定。但最终状态（l^*）只不过是使微商等于零从而t消除时得到的极限条件。为了做到这一点，必须首先知道从实际确定过程的微分方程。此微分方程为：$dl/dt=E-kl$ 它说

明生长是由参数分别为E和k的组成代谢和分解代谢过程的反作用决定的。在此方程中，t时间的过程只决定于实际条件，不出现未来状态。使之等于零，l^*由E/k定义。因此“目的论的”最终值公式只是表示实际条件的微分方程的变换。换句话说，过程趋向最终状态的方向性并不是不同于因果关系的过程，而是它的另一种表示。将来要达到的最终状态不是神秘地吸引系统的“前面来的力”，而只是作为原因的“后面来的力”的另一种表示。因此物理学充分运用了这种最终值公式，因为事实是数学上很明晰而且没有人把对目标的拟人的“预见”赋于物理系统。另一方面，生物学家往往认为这些公式有点特别，怕它们暗含生机论，或者认为这种目的论和目标定向性是生机论的“证明”。因为我们对于生物界（不是无生物界）总是用人对目标的预见来比较最终过程；尽管我们处理的是明显的、甚至在数学上平凡的关系。

这个情况甚至哲学家也常常误解。从哈特曼（E. von Hartmann）到现代学者如卡夫卡（Kafka，1922年）和我本人，都从因果关系的反面来定义结尾，认为过程决定于未来条件而不是过去条件。这点常有人反对，因为按这种概念，状态A会决定于未来的状态B，存在的事物决定于不存在的事物（例如：格劳斯〔Gross〕，1930年；同样还有斯克列克〔Schlick〕）。如上所述，这一表述并不是指不存在的、未来的、不可理解的“作用”，只不过是对可以用因果关系表示的事实的一种有时候有用的表述。

结尾的类型

这里不准备详细谈有关结尾的问题，但有必要举出几种类型。这样我们可以区分：

（1）静态目的论或适合性，指一种看来对某种“目的”有用的安排。因此动物毛、羽、脂肪层如同皮外套适合于身体保温。棘刺可以防止牛去吃植物，保护色和拟态对动物防避敌害有利。

(2) 动态目的论，指过程的方向性。这里可以区分某些经常被混淆的不同现象：

(i)趋向最终状态的事件的方向可以表示为当前行为似乎决定于最终状态就是过程的方向。每一种达到独立于时间的条件的系统的行为都是如此。

(ii)以结构为基础的方向性，这是指结构的安排引导过程向达到某种结果的方向发展。当然制造产品和具有所需性能的人造机器的功能就是这样的。在生物世界中，过程的结构序列的复杂程度大大超过所有人造的机器。这种序列在从宏观器官(例如作为一种照相机的眼睛和作为泵的心脏)的功能到微观细胞结构(负责新陈代谢、分泌、兴奋、遗传，等等)都有。人造机器的工作方式是产生产品和性能，例如制造飞机或推动列车，而生物过程的序列则是维持系统本身。这些过程的一个重要部分表现为自动平衡(坎农)，即，生物的物质和能量状态通过这些过程保持不变。实例有温度调节、保持渗透压、氢离子浓度、盐浓度、姿态调整等的机制。广义地讲，这些调节是由反馈机制支配的。反馈的意思是，从机器的输出中有一定数量作为“信息”送回输入以调节输入，稳定或指挥机器工作。这类机制在技术中很多，例如，蒸汽发动机的控制器、自操纵导弹和其它“伺服机构”。控制论近年来强调的许多生物调节和自动平衡现象都是反馈机制在起作用(弗兰克 [Frank] 等人，1948年；维纳)。

(iii)但生物调节还有另一个基础。这是等结尾性，亦即这样一个事实：同一最终状态可以由不同的初始条件和不同的方式达到。开放系统处于平衡态时就有这种现象。等结尾性造成有机系统的初步可调节性，即是它导致不以预定结构或机制为基础而是相反地排除这些机制(因而被认为是生机论的根据)的一切调节。

(iv)最后，存在真正的结尾或目的性，即实际行为由对目标的预见来确定。这是最早的亚里士多德的概念。它的前提是未来的目标已经在思想里形成并指导当前行动。真正的目的性是

人的行为的特征，而且同语言和概念的符号论的演化有联系（冯·贝塔兰菲，1948年a，1965年）。

这些不同类型的结尾容易引起混乱，是造成认识论和理论生物学混乱的因素之一。在人造的东西当中，适合性(a)和机器的有目的的工作(b,ii)，当然是由于计划的智力(b,iv)。有机结构中的适合性(a)大致可以用随机变异和自然选择的因果作用来解释。但这种说明对于很复杂的有机机制和反馈系统的起源(b,ii)就不太合理了。生机论基本上是想用预见目标的智力(b,iv)来说明生物的方向性(b,ii和iii)。这在方法论上会导致超出自然科学的范围，而且在经验上经不起检验，因为我们甚至在最令人吃惊的调节或本能现象中都不能证明而完全有理由反对下列假设：例如胚胎或昆虫被赋予了超人的智力。被提为"生机论的证明的这些现象的一个重要部分，例如等结尾性和畸形发育，都是作为开放系统的生物的有特征的状态的后果，因此更适于科学的解释和理论。

科学中的同形性

这一部分的探讨只是想简略地举出一般系统论的一般目的和若干概念。进一步要做的工作，一方面是适用于逻辑上、数学上比较严密的形式来表现这个理论；另一方面还要继续发展适用于任何类型的系统的原理。这是个具体问题。例如可以研究出同机械力学相应的人口统计动态学（伏尔特拉［Volterra］，参考德安考纳〔d'Ancona〕，1939年)。最小作用原理可以在许多领域中找到——力学、物理化学（利查特利尔〔Le Ch telier〕的原理对开放系统也有效，可以证明)、电学（如楞次（Lenz）的规则)、伏尔特拉派的人口理论，等等。松弛振动原理在物理系统以及许多生物现象和某些人口动态模型中都有出现。周期性的一般理论是许多科学领域必不可少的。因此应当努力发展这样一些原理：最小作用原理、稳定和周期解（平衡和有节奏的波动）的条件、平衡

的问题。正因为这些现象在普通物理学中不研究，所以这些问题往往以形而上学或生机论的面貌出现。

一般系统论还可以进一步成为科学的重要的调整机构。不同领域存在类似结构的规律，所以才可以对比较复杂、不易处理的现象使用显然简单而且有效的模型。因此从方法论角度一般系统论应当是控制和促进某些原理从一个领域向另一个领域转移的重要手段，同时在互相隔离的不同领域中不再有必要再三重复发现相同原理。而且一般系统论形成严格的判别准则后，可以防止对科学无用并且对其实际结果有害的表面类似性。

这就要求确定一个范围，什么样的"类似性"对科学是容许的、有用的。

我们原先已经发现，各种科学中都有相似的系统规律。对于有些只能用普通语言描述而不能用数学表述的现象的一般原理也是如此。例如，很难找到在现象学上和内在机制上比分割开的海胆或蝾螈重新形成一个完整的动物更加不可能的过程，又如中枢神经系统在某些部分摘去或受伤后恢复正常机能、心理学中感知的格式塔（形态）。但支配这些不同现象的原理却有惊人的相似性。同样，在研究日耳曼语的发展过程时，可以发现，从一种原始的语言开始，某些语音变化在不同部落中有平行发展的现象，在冰岛、不列颠群岛、伊比利亚半岛，尽管这些部落在地理上相互距离很远。相互影响是不可能的；语言完全是各部落独立发展的，但仍然有肯定的平行性。生物学家在一些进化产物中可以找到对应的原理。例如，有一种已经灭绝的有蹄类动物——雷兽。它们在第三纪从较小的体型发展成庞然大物，身体越大角也越来越大。更细致的研究发现从较小的早期体型开始发展的雷兽是分成若干群各自独立进化的，但它们显示出平行的特征。这样我们态的存在性以及类似问题等的原理——应当有普遍适用于物理学和一般系统的形式。

所以一般系统论不是一个熟知的微分方程及其解的目录，而是提出物理学中不全有而对非物理领域又非常重要的、新的、明确

就发现一种从共同起源开始各自独立发展的、有趣的平行进化现象的相似性——这里是部落语言的独立发展，那里是某种哺乳动物的不同群类的独立发展。

从简单的例子容易看出同形性的原因。例如指数律说明，已知一定数量实体的组合之后，这些元素随单位时间的减少或增加有固定的百分比。所以这个定律可以用于银行帐上的英镑和镭原子、分子、细菌或者人口中的个人。逻辑斯蒂定律说明开头按指数增长，但后来受某些约束条件的限制。在自催化反应中，化合物催化它自己的组成；但因一个密闭反应罐中的分子数目有限，所有分子变换之后反应必然停止，而且因此必然到达一个极限值。人口按指数增长是以增长着的个人数目为基础的，但如果空间和食物有限，每个个人能有的食物量就减少；因此人口数不能无限增加，一定会达到一个为现有资源容许的最大人口数的稳定状态。一个国家已有的铁路线使交通和产业加强了，而后者又需要更密的铁路网，一直到最后达到饱和状态；因此铁路的发展和加速本身增长的自动催化一样，铁路增长遵循的是自催化曲线。抛物线律是系统内竞争的表示，每个元素按其能力占一定分额——用特定常数表示。因此不论是用在经济系统中个人的竞争（依帕累托定律）还是用在为营养而争的生物体各器官（表现为比速生长）上，定律的形式是一样的。

不同领域和学科中存在同形性显然有三个先决条件。很明显，规律的同形性一方面在我们的认识里有，另一方面又在现实里。要写出复杂的微分方程并不难，但看来容易的公式有时也不好解，或者会给出比较麻烦的解。很适合描述自然现象的简单的数学公式不多。因此，内容很不同的领域也会有结构完全一样的定律。用普通语言叙述也是如此。这里智力结构的数目同样有限，可以用在不同的领域。

但如果这些定律和结构不是正好适合客观世界（即被观察的事件的总体）的使用，它们也就发挥不了作用。我们可以想象一个混乱的世界或者很复杂的世界，以致用我们有限的智力构造的

比较简单的格式不能解决问题。正因为不是这样，科学才有用武之地。现实的结构是容许使用我们的概念体系的。但我们知道，一切科学规律只表现显示现实的某些方面的抽象和理想状态。每一种科学都意味着一种现实的系统化的图画，就是说一定的概念结构都是明确地同实际的秩序的某些特性相联系的；正如建筑物的兰图并非建筑本身而且决不代表它的每一项细节如砖头的配置和把砖头拼合在一起的力，但在纸面设计和钢铁木石的实际建筑之间存在明确的对应关系。不会提出最后的“真理”的问题，也就是说，科学所描画的有关实际的兰图到底有多正确，需要不需要或能不能修改，都是不用问的。同样不存在是否用一张兰图——即人类科学系统——来表示现实结构的问题。也许有可能甚至有必要用不同的表现方法——同样没有必要问用的是中心投影还是平行投影，是水平设计图好还是垂直图好。后一种情况属于可以用不同“语言”——例如热力学和统计力学——表示同一物理“已知现象”的例子来说明的场合；或者甚至还需要互补的说明，例如微观物理学中的粒子和波的模型就是如此。不用考虑这些问题的科学的存在本身就证明可以用概念结构来表示实际秩序的某些性质。做到这点的先决条件是秩序须存在于现实自身之内；同样——用前面的例子——我们可以画出房屋或晶体的设计图，但画不出爆炸后四散迸射的石头或液体中胡乱运动的分子。

不同领域的规律有同形性的第三个理由对我们很重要。我们的思路是从“系统”的一般定义出发——定义为“有相互作用的元素的集合”并用方程组（3.1）表示。对系统的性质、系统元素及元素之间关系的性质都没有作特殊的假设或说明。但“系统”这个纯粹形式化的定义中有许多性质部分地由各学科领域的著名定律来表示，一部分涉及过去认为是拟人的、生机论的或者形而上学的概念。因此一般概念的平行性或者甚至不同领域的特殊规律的平行性都是下列事实的结果：它们都同“系统”有关，某些一般原理适用于系统而不问系统的性质。所以在很不相同的学科中会出现这样一些原理——整体和总和、机械化、递阶秩序、趋

向平衡态、等结尾性，等等。不同领域出现同形性的基础是存在一般的系统原理，是发展程度不同的“一般系统论”。

另一方面，这个概念的局限性可以通过区分三种或三个层次的现象描述来说明。

首先是有类似性，即现象的表面相似性，但这些现象无论在原因要素还是有关规律方面都不一致。属于这一种的有过去很风行的“模拟简历”，例如生物的成长同晶体或渗透细胞的 生 长去比较。在某些方面是有表面的相似性，但我们肯定植物或动物的生长不会遵循晶体生长或渗透结构的模式，它们的有关规律也不一样。把“生物群落”（如一片森林）当作一个“有机 体”时 也是如此，单个生 物 的 统 一和植物群体的松散之间有 明 显 的 差异；又如种群发展同一个生物个体的生、长、老、死比较，其中生命周期的比较是很成问题的。

第二层是同调性。有效因于不同，而有关规律在 形 式 上 相同，就出现了同调性。这种同调性在科学中的重要意义和概念模型一样。物理学中是常用的。例如把热流看作热质的流，电流和液流比较，把原来属于流体动力学概念的梯度用于电势、化学势等。当然我们肯定知道并无所谓“热质”，只是用动力 学 理论解释热模型可以确定在形式上正确的规律。

我们现在研究的内容是逻辑同调性。这点说明如下：一件物体如果是一个系统，它必须有某些一般系统特征，不论系统的其它方面怎样。逻辑同调性不仅使科学中的同形性成为可能，而且作为概念模型它还能为现象的正确理解和最终说明提供指导。

最后第三层是说明，即适用于个别物体和一类物体的特殊条件和规律的说明。在逻辑-数学语言中这是指我们的 方 程 (3.1) 的一般函数f由用于个别场合的特殊函数取代。任何科学的 说 明都需要化学平衡、生物成长、种群发展之类的特殊定律。能做到这点的原因就在于特殊规律也有我们讨论的一致的和 同 调 的 形式。当然每一种场合的个别规律的结构可能不同。

类似性在科学上没有用处。相反，同调性往往能产生有价值

的模型，因此物理学中用得很广。同样，一般系统论可以用作区别类似性和同调性、无意义的相似性和有意义的模型转移的调节机构。这种功能特别适用于与物理、化学的结构不符的人口调查、社会学、生物学中的广大领域。不过，可以用适当的模型描述的严密规律是存在的。

系统特征的同调性不包含一个领域向另一个和较低领域的变化。但也不仅是隐喻或类似。它正好是现实中的形式对应性。因为它可以看作是不论什么类型的“系统”所构成的。

从哲学上讲，充分发展的一般系统论将要用一个逻辑-数学规律的严密体系来代替所谓的“范畴的理论”(哈特曼 (N. Hart-mann), 1942年)。还在用普通语言表达的一般概念只有用数学语言才能作明确和严密的表示。

科学的统一性

以上讨论的主要结果可以归纳如下：

(a)一般系统原理的分析说明许多被认为是拟人的、形而上学或生机论的许多概念不难进行严密的表述。它们是系统定义或某些系统条件的结果。

(b)这一研究是具体科学问题的研究的有用前提。特别是它阐明了那些在常用体系和专门领域的狭窄分类里不涉及的问题。因此系统理论确实是把知识的新分支发展为严密科学（即数学定律体系）的过程中的重要工具。

(c)这一研究对科学的哲学同样重要，它的主要问题获得了新的、往往令人吃惊的性质。

(d)某些原理适用于一般系统而不论系统性质及所涉实体的事实说明相应的概念和规律独立出现于不同的学科领域，引起它们的现代发展中的许多平行性。因此，在自然科学、心理学和社会学的不同领域中出现了诸如整体性和总和、机械化、集中化、递阶秩序、稳态和定态、等结尾性等等概念。

这些想法使科学的统一问题有了明确的方向。卡纳波(Carnap, 1934年)很好地表达了上述意见。他说，科学的统一来自这样一个事实：一切学科的说明最终都可以使用物理语言来表示——用将定量值置于时空坐标系的一定位置的陈述形式。在这个意义上，所有看来不是物理学的概念例如"种"、"生物"、"繁殖"等特殊的生物学概念，都可以用某些可理解的准则即能够物理化的定性确定来定义。因此物理语言是科学的通用语言。生物学规律能不能变换成物理规律，即能充分说明所有无机现象的自然规律能否充分说明生物现象的问题，卡纳波没有回答，尽管他倾向肯定的答案。

按我们的观点，科学统一获得具体得多，同时奥妙得多的性质。我们也把将生物学（和其它非物理领域）规律"最后简化"为物理规律的问题留下不答，亦即，包括从物理学到生物学、社会学的所有学科的假设-演绎系统能不能建立的问题留下不答。但我们当然能够为现实的不同层次或阶层建立科学规律。在这里用"形式方式"(卡纳波）的说法，我们找到了有助于科学统一的、不同领域的规律和概念结构的对应性和同形性。用"物质的"语言说，这意味着世界（被观察的现象的总体）显示出结构的一致性，表现在它的各层次或领域的同形秩序痕迹中。

现代概念认为现实是有组织的实体的巨大的递阶秩序，在许多层次的迭加中从物理、化学系统引向生物、社会学系统。科学统一不能靠把所有学科简化为物理学和化学的空想，只能通过实际世界的不同层次的结构一致性来实现。

特别是自然科学和社会科学之间的鸿沟大大缩小了。但不是从后者简化为生物学概念的意义上，而是从结构相似性的意义上缩小了。这是在两个领域之中出现相应的一般观点和概念，并可能最后导致后者建立规律体系的原因。

机械论观点在拉普拉斯精神中找到了理想，即一切现象最终是基本物理单位偶然作用的加总的概念。在理论上，这个概念并没有导致形成超出物理学的严密科学，即推导出现实的高层次

的、生物学的、心理学的、社会学的规律。实际上它的后果对我们的文明是致命的。把物理现象当作现实的唯一标准这种态度导致人的机械化和更高的价值的贬值。物理技术的不正常的统治最后将世界引向当代的可怕的危机。在抛弃机械论观点之后，我们切记不要滑进“生物学主义”，即只从生物学立场来考虑精神、社会学和文化的现象。物理主义把生物看成物理-化学事件的奇异的组合，生物主义把人看成一个奇怪的动物种类，把人类社会看成一个蜂房或配种站。所以生物主义并没有显示出它的理论上的优点，只证明了它的致命的实际后果。有机体概念并不意味着生物学概念具有独家支配的地位。在强调不同层次的一般的结构同形性的同时，它肯定了它们的独立性和具有特殊规律。

我们相信一般系统论的未来发展将是走向科学统一的重要一步。它在未来科学中注定要起类似亚里士多德的逻辑在古代科学中所起的作用。希腊概念中的世界是静止的，事物被看成是永久的原型或观念的反映。因此分类是科学的中心课题，它的基本研究方法是概念的从属性和主导性的定义。在现代科学中，动态相互作用是一切现实领域的中心课题。它的一般原理要由系统理论来确定。

4. 一般系统论的进步

因为创造性思维是使人区别于猴子的最重要的内容，应当作为比黄金更为贵重的东西来对待并慎加保护。

霍尔（A.D.Hall）：《系统工程的方法论》

系统科学的方法和目的

四十年前我开始科学家生涯时，生物学正处在机械论和生机论的争论之中。机械论方法主要是把生物分解为各组成部分的过程：生物是细胞的总和，细胞是胶质和有机分子的总和，行为是无条件和条件反射的总和，等等。这些部分的组织在维持生物、扰乱后的调节之类中的作用问题不是被回避掉，就是按生机论的理论只用象灵魂一样的因素的作用去说明——生物或细胞中有一些小怪物在游荡——这显然是等于宣布科学的破产。在这种情况下，我和另一些人坚持所谓有机体的理论。用一句话来说，它是指生物是有组织的东西，而且作为生物学家必须把它找出来。我曾尝试在新陈代谢、生长、生物的生物物理学的各种研究工作中运用这种有机论的观点。这方面的一个进展是所谓开放系统和平衡态的理论，这实质上是普通物理化学、动力学和热动力学的扩充。但我不能停止不前，因此我又进一步推广我提出的所谓"一般系统论"。这个思想提出相当早：最初是1937年在芝加哥大学莫里斯（Charles Morris）的哲学研讨会上。但当时这种理论在生物界名声不好，而且我害怕数学家高斯（Gauss）说的"笨蛋的喧嚷"。因此我把草稿塞在抽屉里，一直到战后才以这个主题发表。

但这时出了一些有趣而且令人吃惊的事情。它使知识界的气候为之一变，使建模和抽象的概括流行起来。而且相当一部分科学家抱有类似的思路。因此一般系统论决不是孤立的，不是我曾认为的个人的思考，而是符合现代思维的趋势的。

有相当多的新发展正好满足一般系统论的需要。可以简要列举如下：

（1）控制论。它的基础是提供寻的和自控行为机制的反馈或循环因果链。

（2）信息论。引入可用与物理学负熵同形的表示式来测度的量的信息概念并发展其传送原理。

（3）对策论。在新的数学结构中分析两个或多个局中人为争夺最大收益和最小损失的理智的竞争。

（4）决策论。以考查给定条件及其可能后果为基础，在人类组织中分析理智的选择。

（5）拓朴学和关系数学，包括网络和图论等非度量场。

（6）因素分析。即通过数学分析方法分离心理学和其它学科的多变量现象的各因素。

（7）狭义的一般系统论。要从作为相互作用的部分的复合体的“系统”的一般定义导出有诸如相互作用、总和、机械化、集中化、竞争、结尾等有组织整体特征的概念并运用于具体问题的研究。

广义的系统理论有基础学科性质，它在应用科学中有其相关学科，有时可归联系入系统科学的总名称之下。这种成果同现代自动化紧密联系。广义地说，应当区分下列领域(阿科夫〔Ackoff〕，1960年；霍尔〔A.D.Hall〕，1962年)：

系统工程。即人-机系统的科学计划、设计、评价和构建；

运筹学。即人、机器、材料、资金等现有系统的科学控制；

人事工程。即系统和特别是机器的科学的适应，以便用最少的资金和其它开支的成本获得最大效率。

必须研究“人一机系统”的一个很简单的例子是空中旅行。乘

喷气机越洲旅行的速度很惊人，但在机场上要花很多时间去等、排队、这就说明空中旅行的物理技术已经登峰造极，而“组织的”技术还处在最原始水平。

尽管有相当的重叠，各个领域都各有其起支配作用的概念工具。在系统工程中使用控制论、信息论和狭义的一般系统论。运筹学用的工具是线性规划和对策论。同人的能力、生理限制和可变性有关的人事工程的工具包括生物力学、工程心理学、人的因素，等等。

我们现在不涉及应用系统科学；读者可以看霍尔（1962年）的出色的系统工程教科书。但必须了解系统方法作为科学中的新概念在技术中有类似的东西。

提出一般系统论的动机可归纳为以下几点。

（1）到最近以前科学领域作为图算工作即企图建立说明和预测的规律系统，实际上等同于理论物理学。结果科学能提供的现实只有一个物理学的现实。从而就出现了简化论，即按照物理学的典范来处理生物学、行为和社会科学的原理，并且最终简化为物理层次的概念和实体。由于物理学本身的发展，物理主义和简化论的命题成了问题，而且的确成了形而上学的偏见。原子、基本粒子等物理学讨论的实体变得比以往设想的更模糊了：不是形而上学的宇宙积木，而是新发明的复杂的概念模型，用于研究某些观察的现象。另一方面，生物学、行为和社会科学逐渐独立出来了。由于对这些领域的关心和迫切需要新技术，科学概念的概括和模型成为必要，导致出现超出传统的物理学体系的新学科。

（2）在生物学、行为学和社会学领域中，有一些重要问题是古典科学忽视或者根本不考虑的。我们考察生物就会发现惊人的秩序、组织、不断变化中的维持、调节和表观目的论。同样在人类行为中，即使我们持严格的行为主义观点，也不能忽视寻的和目的性。但古典科学体系里是没有组织、有向性、目的论等等的。事实上它们在以经典物理学为基础的所谓机械论的世界观

里是被当作虚幻和形而上学的。这意味着，例如，对生物学家来说，生命世界的特殊问题正好在合理的科学领域之外。表示多变量相互作用、组织、自维持、有向性等方面的概念的或有时是物质的模型的出现，意味着在科学思维和研究中引进了新范畴。

(3) 古典科学主要研究双变量问题、单向因果链、一个因一个果、或者顶多是少数几个变量的问题。经典的例子是力学。它给出了两个天体——太阳和行星——之间的吸引力的完善的解，并能由此精确预见未来的星座甚至尚未发现的行星的存在。但力学的三体问题已经不能用力学的分析方法求出严密的解，只能用逼近法求近似解。较现代的原子物理学也有类似的情况（扎卡里阿斯〔Zacharias〕，1957年）。一个质子和一个电子的两体问题也是可以解的，但多体问题困难比较大。有许多问题，特别是生物学、行为和社会科学的问题实质上是多变量的问题，必须用新的概念工具。信息论的创始人之一威弗尔（Warren Weaver，1948年）在他的一篇常被引用的讲话里说明了这点。他说，古典科学或者研究线性因果链即二变量的问题；或者研究无组织的复杂事物。后者可以用统计方法而且最终出自热力学第二原理。但在现代物理学和生物学中，有组织的复杂事物的问题即多（不是无限）变量的相互作用的问题，到处都有，而且要求新的概念工具。

(4) 前面讲的不是形而上学或哲学论点。我们不会在无机物和生物之间树起壁垒——这从病毒、核蛋白和自复制单元等中间物的角度看是不适当的。我们也不声明生物学原则上是“不能简化为物理学”的，因为这种观点从生命过程的物理、化学解释的大量进展来看也是不正确的。同样，生物学和行为科学、社会科学之间也不应当有壁垒。但这并不能消除一个事实：在上述领域内我们没有象物理学及其应用的各个领域里的那种用作说明和预测的合适概念工具。

(5) 因此科学必须扩充以便研究物理学不管的有关生物、行为和社会现象的特征的方面。这就要引进新的概念模型。

(6) 这些扩充了的、一般化的理论结构或模型是跨学科的，即，它们在科学的常规部门之上，适用于各种领域的现象。这就造成了各领域的模型、一般原理乃至特有规律的同形性。

总之：把生物学、行为科学、社会科学和现代技术包括进来要求基本科学概念的一般化；这包括区别于传统物理学的新的科学思维范畴；为此采用的模型有跨学科性质。

有一点很重要，即列举的各种方法都不是也不应是垄断的。科学思维的现代变化的一个重要方面是，不存在唯一的、包罗万象的“世界体系”。一切科学结构都是代表现实某些方面或的模型。这点甚至适用于理论物理学：它决不是最终现实的形而上学的表述（过去的唯物主义这么说，当今的实证主义还是暗含这个意思），它不过是这些模型之一，而且正如现代的发展所示，没有一个是彻底的和唯一的。各种“系统理论”也不过是反映各个方面的模型。它们不是互相排斥，而是在应用中常有组合。例如，有些现象适合用控制论的方法，有些则适合用狭义的一般系统论去进行科学探索；甚至同一种现象的某些方面可以用这种或那种方法描述。这点当然不会排除，甚至意味着有进一步综合的希望——当今探索“全体”和“组织”理论的各种方法可以综合和统一起来。实际上这种进一步的综合，如不可逆热力学和信息论之间的综合，正在逐步形成。

一般系统研究的方法

阿希拜（1958年a）曾经很好地归纳出系统研究的两个可能的途径或一般的方法：

两条主要的线不难区分。一条冯·贝塔兰菲及其同事已经发展完善。现实地对待世界，考查世界上出现的各种系统——动物学的、生理学的、等等——然后提出有关经研究证明成立的规律性。这种主要是经验方法。第二种方法从

另一端开始。不是先研究第一个系统，然后第二、第三往下去，它走另一个极端，考查一切可想象到的系统的集合，然后把它简化到合理的规模。这是我近来用的方法。

不难发现，一切系统研究都是在用其中一种方法或者两者结合使用。每一种方法都有其优点和缺点。

(1) 第一种是经验的、直观的方法；它的优点是同实际比较接近，容易用个别科学领域的例子来说明和验证。另一方面，这种方法缺乏数学的细致和推演力量，而且从数学观点看显得朴素、没有系统。

但经验-直观方法的优点不容轻视。

本书作者提出过一些"系统原理"，其中一部分是从生物学理论角度，与一般系统论没有明显的关系(冯·贝塔兰菲，1960年a)，还有一部分在强调以这种理论的"概论"为题的论著中(第3章)。这是按字面的含义：希望引起对这一领域的客观需要的注意，同时它的表现方法是用简单例子说明方法的速写或兰图。

但这种直观的研究还需要大大完善。诸如完全、总体、集中化、变异、主导部分、封闭和开放系统、结尾、等结果性、随时间生长、相对生长—竞争，等等主要原理已经通过多种方法在使用（例如：系统的一般定义：霍尔和费根〔Fagen〕,1956年；生长类型：凯特〔Keiter〕,1951～52年；系统工程：A.D.霍尔，1962年；社会工作：希阿恩〔Hearn〕,1958年）。除了因为清楚起见或主题不同，在术语方面略有区别，重要的原理没有增加——尽管很需要增加。也许更重要的是这点也适用于同本文作者现在的工作无关的一些考虑，因此不能认为是不适当地受它的影响。细读这样一些研究工作，如比尔（Beer,1960年）和克里姆扬斯基（Kremyanskiy，1960年）论原理，布雷德利（Bradley）和卡尔文（Calvin，1956年）论化学反应的网络，海尔（Haire，1959年）论组织的生长，等等，就不难发现他们也是在用"贝塔兰菲原理。"

（2）阿希拜(1958年b)用的是演绎的系统理论方法。概括阿希拜的推理(1962年)的较为非形式的陈述使它特别有利于分析。

阿希拜提出“机器的基本概念”的问题，并以如下措辞回答“它的内部状态，它周围的状态，唯一地决定了它要达到的下一个状态。”如果变量是连续的，这个定义同用以时间为自变量的常微分方程集描述的动态系统一致。但这种用微分方程的表现手法对于包括普遍存在不连续性的生物系统和计算机器在内的理论过于受限制。所以现代的定义是“带输入的机器”：由内部状态集S、输入集I、I×S积集变成S的映象f来确定。于是，“组织”的定义要靠详细说明机器的状态S和它的条件I。如果积集$S=\pi_i T_i$，i为部分而T由映射f说明，按阿希拜的意见，“自组织”系统可以有两个含义，即：(1) 系统从分离的部分开始，而后这些部分变化形成连系（例如，胚胎细胞，开头互相没有影响或影响不大，形成树突和突触后连结起来形成互相紧密依靠的神经系统）。第一个含义是“从无组织变为有组织。”(2)第二个含义是“从不好的组织变为好的组织”(例如一个小孩，他的大脑组织开始让他去找火，新的脑胆组织则让他躲火；自动驾驶仪和飞机开头靠有害的正回馈结合在一起，后来改善了)。“组织不好的地方。如果自动地变化，系统是‘自组织’的”（从正反馈变成负反馈）。但“没有一台机器能有这个意义上的自组织”。因为适应（例如同态调节器或自编程序计算机）的意思是从状态集S开始，f变成g，因此组织是一个变量，例如是时间的函数，a（t），它先有值f后有值g。但这种变化“不是来自S集中的原因；因此必定来自作为输入作用于系统S的某个外界因素”。换个说法，即机器S必须同别的机器结合起来才能“自组织”。

从这个简要的说明可以看出这种方法的局限性。我们完全同意对于许多的组织问题，用微分方程描述不但很麻烦，而且原则上是不够的。本文作者充分了解这一点，强调联立微分方程组决不是最一般的表述，只是用来说明一些问题（第3章）。

但为了克服这个限制，阿希拜引进了另一种方法。他的把系

统作为上述“带输入的机器”的“现代定义”用另一种更为专门的模型来代替一般系统模型：控制论模型，即，系统可以接受信息但不接受熵的转移。把这个定义用于“自组织系统”时这点就清楚了。阿希拜的模型的特征是基本上没有这些，也就是说系统靠从复杂性较低的状态向较高状态演进的逐渐变异来组织自己。这当然是最明显的“自组织”的形式——在个体发生中明显，种系发生中可能有，当然对许多社会组织也有效。我们这里不是“好”（即有用、适应）组织或“坏”组织的问题——正如阿希拜正确强调的，组织同环境有关；分化和复杂性增加——不管有没有用——是一个准则。这个准则是客观的而且至少在原则上可以测度（例如，用负熵、信息等测度）。阿希拜所说“没有能自组织的机器”，更明确些是指“变化不可能来自S集中的任何原因”但“必定来自某种外界因素一种输入”；把自分化系统排除在外。这类系统不能算“阿希拜机器”的原因是明白的。根据热力学原理，向较高复杂性（降熵）演进的自分化系统只能是开放系统一例如，系统输入包含自由能量的物质，其数量能够超额补偿因系统内不可逆过程增加的熵（用薛定谔〔Schrödinger〕的说法是“输入负熵”）。但我们不能说“这个变化来自某个外界因素，一种输入”；发育中胚的胎和生物内部的分化是因为它内部的组织规律，而输入（例如，数量变化的供氧，或者质量变化幅度很大的营养）则只是从能量上使它成为可能。

阿希拜又补充例子进一步说明以上情况。假设一台数字计算机进行随机的乘法运算；机器将朝显示偶数的方向“演进”（因为偶数乘偶数和乘奇数的积都是偶数），最后只有零能“存下来”。换一种方式阿希拜还引用香农的第十定理，指出如果校正通道的能力是H，那么可以去掉H量的模糊之处，但不能再多。这两个例子都是说明封闭系统的工作；电子计算机的“进化”是趋向分化的消失，和最大同质性的建立（类似封闭系统的第二原理）；香农的定理同样涉及不馈入负熵的封闭系统。同生物系统的信息内容（组织）相比，输入的物质（营养，等等）不带信息而只有“噪

音"。但它的负熵的用处是维持乃至增加系统的信息内容。这显然是香农第十定理所不能提供的情况，因为他不处理有物质变换的开放系统的信息转移。

在这两个方面，生物系统（和其它行为与社会系统）不是阿希拜的机器，因为它能向更多的分化和不同质性演化，而且能比无生命的通信渠道多校正"噪音"。但两者都是生物作为开放系统的特性的结果。

因此，同样理由我们不能用阿希拜的一般化的"机器"概念来代替"系统"的概念。尽管前者同古典概念相比更灵活些（古典的机器的定义是有零件和过程的固定安排的系统），对生命的"机器理论"的反对意见（冯·贝塔兰菲，1960年及它处）还是有效的。

以上所说并非对阿希拜和一般演绎方法的反批评，只是想强调研究一般系统论没有捷径可走。和每一种别的科学领域一样，它只能靠经验的、直观的、演绎的方法的相互结合来发展。直观方法在逻辑的严密性和完整性方面比较差，而演绎法在选择正确的基本关系方面存在困难。这不是理论或运用理论的人的特殊缺陷，而是科学史上比较普遍的现象。例如，人们记得在$mv^2/2$正式被采用之前，为选择力或能为物理变换常数曾经长期争论过。

按本文作者的看法，一般系统论是一种实际工作用的假设；作为做实际工作的科学家，我看到理论模型对说明、预测和控制迄今未被探索的现象的主要作用。同样正确的是其它人可能强调公理方法的重要性并为此引述概率论、非欧几何、最近的信息论和对策论的有实例，这些方法开头是作为演绎的数学分支发展的，但来应用到物理学和其它科学。这一点不存在争议。两种方法的危险都在于过早地认为理论模型已经完全和已经是确定的了——象还在摸索正确基础的一般系统这样的领域更怕这种危险。

一般系统论的进步

决定性的问题是解决围绕整体、目的论等的大批问题的"新理论"在说明和预测方面有什么价值。当然，学术空气的变化能使人看到过去看不到的新问题或者让人用新观点看问题，比着手一次特殊的应用要重要得多。"哥白尼革命"比计算行星运动的可能性更重要；广义相对论比说明物理学的很少一部分不正常的现象更重要；达尔文主义比对动物学问题的一个假设性回答更重要；那都是有关一般参考系统的变化（参见拉帕波特〔Rapoport〕,1959年a）。当然这些变化能不能站住脚，最终是由没有新理论就不可能达到的特定成就来证明的。

毫无疑问新的领域已经开拓出来，只是同经验事实的联系还不够扎实。因此，信息论曾被捧为"主要突破"，但在原有的技术领域之外，贡献并不大。在心理学中只不过是有限的、生搬硬套的应用（拉波波特，1956年，阿特尼夫〔Attneave〕，1959年）。脱氧核糖核酸在生物学中被说成是"密码信息"核酸的结构被阐明时被说成是"破译密码"，这时信息一词只是被作为言语表达方式使用，而不是香农和威弗尔(1949年)发展的技术意义上的信息论。"信息论对计算机设计和网络分析虽然有用，但在生物学中还没有找到重要位置"（贝尔〔Bell〕，1962年）。对策论同样是一个新的数学成果；可以同牛顿力学以及微积分相比；但"用得太少，太不稳定"(拉波波特,1959年a；读者可以参看拉波波特精辟分析这里提到的问题的信息论和对策论的探讨)。决策论也是如此，曾预期应用系统科学领域从它得到重大进展；但对于宣传得很厉害的军事和商业上的对策，"它们在培训、人员选择和示范等方面的作用还没有能作有对比的评价"（阿科夫〔Ackoff〕,1959年）。

应当提一下最新发展成果中的危险。过去的科学（部分地直到现在）由单侧的经验主义统治。生物学（和心理学）只承认数据和实验的集合是"科学的"；"理论"就等于"思考"和"哲学"，

忘记了仅仅是数据的积累，哪怕不断堆积，也造不成"科学"。结果是不承认、不支持必要的理论结构的发展，对经验研究本身带来不利影响（在很大程度上变成碰运气、不一定能成功）（参看威斯[Weiss]，1962年a）。这在某些领域里近年已有相反的转变。对新的数学和逻辑工具的热情把"建模"狂热地当成了目的本身，往往不顾经验的事实。但是，随机的概念实验成功的机会不比实验室里的随机试验多。按阿科夫（Ackoff，1959年）的说法，对策论（和其它理论）里有个根本的错误概念是把本来只是数学"习题"的东西错当作"问题"。应当牢牢记住老的、康德的格言：没有理论的经验是盲目的，而没有经验的理论则不过是智力游戏。

控制论的情况略有不同。这里用的模型不是新的；虽然取了这个名字之后又有大量发展，控制论（维纳，1948年）把反馈原理用于生理过程可以追溯到四十年前瓦格纳（R. Wagner）的工作（参看克曼特[Kment]，1959年）。从那时开始，反馈和自动平衡模型用于许多生物学现象和（不太成功地用于）心理学和社会科学。按拉波波特（1956年）的话说，后一事实的理由是：

> 通常在著述的范围大小和扎实与否之间有明确的联系。……扎实的工作或者局限于工程或者是比较平凡的应用；雄心大的表述难免含糊。

这当然是通向一般系统论的一切途径的始终存在的危险。毫无疑问思维有了新的罗盘，但是在平庸的妖魔和错把新词当解释的旋涡之间也很难掌舵。

以下的研究限于"古典的"一般系统论——"古典"的含义不是说它有优先权或者特别出色，只是说所用的模型只存在于"古典"数学的结构中，同对策、信息、网络理论等的"新"数学相对。这不是说理论仅仅是普通数学的应用。相反，系统概念提出的问题有一部分远远没有解决。过去，系统问题引出了重要的数学进展如伏尔特拉（Volterra）的积分-微分方程理论、行为不仅决定于实际

条件而且决定于先前历史的有“记忆”的系统的理论。当前的主要问题正等待进一步发展，例如，非线性微分方程的一般理论，稳态和有节奏现象的一般理论、最小作用的一般化原理、热力学的稳态定义，等等。

当然，研究工作是否明显贴上“一般系统论”的标签并不重要。不想全都讲到。如果这篇不够谦逊的东西能作为这方面已有的研究的一种指南，并能成为未来值得探索的领域的指针，就很满足了。

开放系统

开放系统理论是物理理论、动力学和热力学的重要的一般化。它已经导致新的原理和观点，例如等结果性原理、第二热力学原理的推广、开放系统中秩序的可能增加、周期现象的发生、生长过速和假的开始，等等。

生物学和有关领域的许多工作部分地在第5～7章介绍（进一步探讨可以参看布雷〔Bray〕和怀特〔White〕，1957年；基恩〔Jung〕，1956年；莫奇奥〔Morchio〕，1956年；奈特〔Netter〕，1953年、1959年）。

在个别生物之外，系统原理也用于种群动态学和生态理论综述：（J.R.Bray，1958年）。动态生态学即植物种群的演替和发展到顶点的过程，是曾经花过不少气力的领域，但它有滑进咬文嚼字和术语争论的倾向。系统方法可能提供新观点。威塔克（Whittacker，1953年）曾经用开放系统和等结果性描述植物群体形成顶峰的序列。按他的研究，同样的顶峰形成可以来自不同的初始植被，是等结果性的突出实例，其中对初始条件和发展过程的独立程度显然大于个别生物中的情况。帕顿（Patten，1959年）对将顶峰作为得到的稳态、用生物量的生产来定量分析开放系统的工作曾有论述。

开放系统概念已经用于地球科学、地貌学（考尔莱

〔Chorley〕，1964年)和气象学(汤普生〔Thompson〕，1961年)，详细比较了现代气象学概念和贝塔兰菲的生物学的有机体概念。人们记得普雷高津(Prigogine)在他的经典著作里(1947年)已经指出气象学是可能应用开放系统的一个领域。

随时间生长

因此，最容易在不同领域表现出规律的同形性的最简单的生长形式是指数形式和逻辑斯蒂形式。例子很多，比如：人们对动物物种数目的了解越来越多（盖斯纳〔Gessner〕，1952年），有关果蝇的出版物(黑希〔Hersh〕，1942年)。以及制造业的公司的增多（海尔〔Haire〕，1959年）。包尔丁（Boulding，1956年a。和凯特(Keiter，1951-52年)曾经强调生长的一般理论。

贝塔兰菲之后（和其他人）的动物生长理论——他的理论由于全面利用生理学参数("组成代谢"，"分解代谢")，可以归人一般系统论和生物物理学。在各方面的应用已有综述（贝塔兰菲1960年b)。

相对生长

系统的成分的相对生长的原理也非常简单而具有一般性。生物的许多生长现象都有比速生长的简单关系（形态学，生物化学，生理学进化)。

社会现象中也有同样的关系。原始社会的分化和分工以及城市化的过程(即城市相对于乡村人口的发展)都遵循比速生长方程。比速生长方程可以定量测度社会组织和发展情况，完全能够取代常用的直观判断方法(纳洛尔〔Narol〕l和贝塔兰菲，1956年)。同样原理显然可用于制造业公司中职员相对于职工总数的增长（海尔〔Haire〕，1959年)。

竞争和有关现象

伏尔特拉(Volterra)、洛特卡(Lotka)、高斯(Gause)等人有关种群动态的著作都属于一般系统论的经典。它们第一次提出，有可能为诸如“生存斗争”之类现象构建可以采用经验检验的概念模型。因此种群动态学和有关的种群遗传学成为生物学的重要研究领域。

有必要指出，这类研究不仅属于基础生物学，也属于应用生物学。渔业生物学便是这样，使用理论模型来确定海洋利用的最优条件（对较重要的模型综述：瓦特〔Watt〕,1958 年）。最精细的是比弗顿（Beverton)和霍特（Holt，1957年)的动态模型。此模型研究渔业捕捞的鱼类群体，但显然有更广泛的用途。此模型考虑了补充量（即个体进入种群)、生长（假定遵循贝塔兰菲的生长方程)、捕捞量（通过开发）和自然死亡率。从这个模型已被联合国粮农组织、英国农业渔业部等政府机构日常使用可以看出它的实际价值。

理查逊（Richardson）关于军备竞赛的研究（参见拉波波特〔Rapoport〕,1957年，1960年）尽管有不足之处，却是突出地指出了系统概念对当代最重要问题的可能影响。如果理性的、科学的考虑真是重要，这倒是反驳“要和平就得准备战争”这类口号的一种办法。

种群动态学和生物学的“生存斗争”、经济计量学以及军备竞赛（等等）的研究中用的表达式都是同一种方程（第3章讨论的系统)。对这些平行性进行系统的比较和研究是很有意义、很值得的（参见拉波波特，1957年88页）。例如，人们可能怀疑，支配商业周期的规律和伏尔特拉（Volterra）的种群波动规律是不是出自相同的系统相互作用和竞争的条件。

包尔丁（Boulding,1953年）用非数学的方法探讨了他所谓的关于社会组织的“铁则”：马尔萨斯法则、最优组织规模法则、

周期的存在、寡头垄断规律，等等。

系统工程

系统工程和运筹学的理论意义在于以下事实：性质极不相同的成分组成的实体——人、机器、建筑物、货币和其它有价物、原材料的流入、产品的流出和许多其它事物——可以成功地进行系统分析。

前面已经说过，系统工程利用了控制论的方法论、信息论、网络分析、流程与框图，等等。也用了一般系统论的思想(A.D.霍尔〔Hall〕，1962年)。前面几种方法适用于有结构的、类似机器的系统(信息论里的是或否的决策)；人们可能认为一般系统论将会由于它的动态方面的论述、灵活的组织、等等而日益显得重要。

个性理论

虽然控制论通过人脑和计算机的比较做了大量有关神经和心理功能的理论工作。运用狭义一般系统论研究人类行为的还不多(例如，克列奇(Krech)，1956年；曼宁格(Menninger)，1957年)。从现在讨论的问题考虑，后者差不多等于个性理论。

我们首先必须承认目前个性理论还是学术争论的战场。霍尔和林德齐(Hall and Lindzey,1957年，71页)说得对："一切行为理论还很不象样，它们有许多地方有待于科学证明"——这段话见于将近600页的教科书"个性理论"。

因此我们不能指望一般系统论能解决从弗洛伊德(Freud)和荣恩(Jung)到许多现代个性理论学者所不能解决的问题。理论只要能提出能够实验和实际应用的新见解和观点就有价值。这是事实。有相当一批心理学家正在专心研究生物的个性理论，戈尔德斯坦(Goldstein)和马斯罗(Maslow)是著名代表。

当然还存在一些根本问题。首先，一般系统论是否主要是有关物质的说明，不适用于精神现象；其次，对于一般就是如此。不能定量确定的有关变量，这种模型是否还能用于说明心理学现象。

（1）对第一个问题的回答是，系统概念是抽象的、一般的概念，足以用于任何实体。“均衡”、“体内平衡”、“反馈”、“压力”等概念原本出自技术和物理学领域，但多少可以成功地用于心理现象。系统理论专家同意，“系统”的概念不限于物质实体，也能用于由相互作用的“部分”组成的任何“整体”。

（2）如果不能定量，甚至系统的成分都不能确定，那末至少某些原理可以定性地用于作为系统的整体。至少可以“从原理上说明”（见下）。

掌握这些限制，就可以肯定这个概念非常关键：生物是一个自发的主动系统的有机体概念。用本书作者的话说，

> 甚至外界条件没有变化、没有外来刺激的情况下，生物也不是被动的系统，而是一个本质上主动的系统。特别是神经系统的功能和行为更是如此。带根本性的不是对刺激的反应，而是内在活动力。从低等动物的进化，胚胎的最初活动，都可以看到这种例子（贝塔兰菲，1960年a）。

这与霍尔斯特(von Holst)所谓的神经系统“新概念”一致。新概念的基础事实是初始的运动来自中央自动性，不需要外来刺激。因此，例如切断运动神经和感觉神经的联系之后，这种运动依然存在。所以经典意义上的反射不是行为的基本单元，而是加于初始的、自动活动上的调节机制。类似概念在本能理论中也是基本的。按洛仑兹(Lorenz)的说法，先天的释放机制(I R.M.)起主要作用，有时没有外界刺激也发生(真空或空转反应)：鸟类没有筑巢的材料也会在空气里完成筑巢的动作。这些考虑存在于希伯(Hebb，1955年)所谓的“1930～1950的中枢神经系统概念”的

体系中。关于大脑激活系统的最近的见解各有侧重，但都有大量实验证明，都涉及同样的中枢神经系统的自激活动的基本概念。

当我们看到这些概念同普通的刺激-反应概念完全相反时，它们的意义就很明显了。刺激-反应说认为生物完全象自动机一样是一个回答外界刺激的反应系统。刺激-反应说在当代心理学中的支配地位用不着强调，而且显然同高度机械化社会的时代精神有联系。这是在所有其它方面都是相反的心理学理论的基本原理，例如，在行为心理学和心理分析当中。按弗洛伊德的看法，生物的主要倾向是摆脱紧张和压力到均衡状态去休息——统治均衡状态的是“稳定性原理”（弗洛伊德从德国哲学家法奇纳(Fechner)借用的术语）。因此，神经病和精神病行为企图恢复某种均衡的多少有效或失败的防御机制（按1960年拉帕波特(D.Rapaport)关于精神分析理论结构的分析：“经济的”和“适应的观点”）。

著名儿童心理学家夏洛特·布勒（Charloffe Bühler, 1959年）恰当地概括了理论状况：

> 在基本精神分析模型中只有一种基本倾向，即趋向满足需要和减少紧张……现代生物学理论强调生物出自内在能量的活动的“自发性”。贝塔兰菲强调生物的自主作用，它的“进行某些运动的动力”……这些概念完全修正了原始的自动平衡原理即只强调趋向均衡的倾向。精神分析正是依靠原始自动平衡原理发现了它的消除紧张是唯一主要倾向的理论。

简言之，可以将我们的观点定义为“超自动平衡原理”：

(1) 刺激—反应说忽视了游戏、探索活动、创造性、自实现等等领域；

(2) 经济说忽略的正是特有的、人的成就，其中大部分可以不太严格地叫做“人类文化”；

(3) 均衡原理忽视了心理学和行为活动不仅是放松紧张这

一事实；消除紧张可能根本不能建立最优状态，例如在剥夺感觉的实验中还会造成类似精神病的扰乱。

看来刺激-反应和精神分析模型是对人的特性的很不实际的描绘，从而是比较危险的。真正算是人的特有成就的，很难用功利、自动平衡、以及刺激-反应说来概括。可以把登山，创作奏鸣曲或抒情诗叫做“心理自动平衡”——原来就是这么叫的——但这个生理学上明确定义的概念有丧失全部意义的危险。另外，如果将自动平衡维持原理奉为行为的黄金律，所谓调节良好的个体便成为最终目标，那是一个把自己维持在最优的生物、心理和社会的自动平衡状态的上足油的机器人。这是“勇敢的新世界”——至少有点不是人类的理想状态。再有，这种不稳定的精神均衡一定不能扰乱。因此在被讽刺的所谓进步教育中，担心不要给儿童负担过重，不要进行约束，尽量减小一切有指导的影响——结果就是文盲和少年犯罪空前大丰收。

和普通理论相反，完全可以说，不仅是压力和紧张，同样如果完全摆脱刺激从而进入精神真空也会发生心理病态甚至得神经病。这一点经过实验，完全剥夺对象的感觉，使它同一切刺激隔绝，几小时后便出现有幻觉、难以忍受的担心等的所谓模型精神病。被隔离的囚犯得精神病，隔离病房的病人精神病加剧，在临床上是一回事。相反，极大的压力不一定产生精神扰乱。如果普通理论对的话，二次大战之中和之后，生理和心理压力都达到极度，欧洲应当成为巨大的精神病院了。事实上，统计证明，除去战斗神经病等容易说明的急性失调(见第9章)，神经和精神失调都没有增多。

这样我们形成一个概念，相当一部分生物和人的行为不受效用、自动平衡、刺激-反应的原理的支配，而这正是人类和文化活动的特征。这个新观点对心理卫生、教育和一般社会，不仅在理论上而且在实践上开辟了新的前景。(见第9章)。

以上所述也可以用哲学术语来表达。如果存在主义者谈及人生的空虚和无意义，如果他们把生活看成不仅是焦虑而且是实际

的精神疾患的来源，那么本质上和下述观点一样：行为不仅是为了满足生物推动力，为了维持心理和社会的均衡，它还有别的内容。如果在工业化社会中生活成了不堪负担的空虚，人除了得神经病还能干什么呢？存在主义者想说而他们模糊的语言讲不清的问题可用大体上叫做生物的自发精神生理活动来表述比较实际。同时如果马斯罗(Maslow)或墨菲(Gardner Murphy)这些个性理论家把自实现当作人类目标，那又是用有点壮丽的字眼来叙述同样的东西。

理论的历史

最后我们来谈所谓人类文化和文明这个最高而定义不清楚的实体。这个领域常被叫做"历史的哲学"。我们也许按它最初出现时公认的叫法"理论的历史"比较好。这个名称表达了要形成"科学"和"人文学科"之间的联系纽带的目的；更具体地说，是社会科学和历史之间的联系。

当然，很清楚社会学和历史的方法完全不同（一方面是人数、统计分析，一方面是档案研究、历史遗物的内部证据，等）。但研究的对象基本一样。社会学关心的是人类社会在时间上的横断面状态；历史是"纵向"研究社会的由来和发展。研究对象和方法肯定说明了实际的差别；但不太清楚的是它们是否说明了根本不同的哲学。

最后这段话已经涉及历史的巨著——从维科（Vico）到黑格尔、马克思、斯宾格勒（Spengler）和汤因比（Toynbee）。专业历史学家最好的把它们看作诗，最坏的看作幻想——带着妄想症的成见把历史事实压进普罗克勒斯特（Procrustes）的理论轨道。看来历史能从系统理论家学到的不是最终的解而是比较完善的方法论。迄今被认为是哲学或形而上学的问题可以按它们的科学意义——加上对最近成果（例如对策论）的重要见解——进行明确的解释。

经验批判超出了本文的范围。例如，盖尔(Ceyl, 1958年）和其它许多人分析过汤因比对历史事件的明显误解，甚至非专业的读者也很容易列出一大堆错误，特别是他后期的、圣灵启示的托因比杰作。但是，问题比事实或阐述的错误，甚至比马克思、斯宾格勒或汤因比理论的是非问题更大；问题是从原则上讲，模型和法则能不能在历史上站住脚。

有一种比较广泛的观点说它们不能。这在科学上是“研究规律的”方法的概念，在历史上是“表意符号的”方法的概念。科学还或多或少能为自然事件建立“法则”，涉及因果关系极为复杂的、可能由个人自由意志决定的人类事件的历史，就只能满意程度不等地叙述过去发生的事。

这是方法论学者的第一个说明。从上述态度出发，学院式的历史认为历史学说是“直观的”、“违反事实”、“任意的”，等等。而且无疑对斯宾格勒或者汤因比的批评过于辛辣。我们只要看看普通的编史工作就知道这没有多大说服力。例如，从这种方法论考虑出发强烈反对汤因比的荷兰历史学家盖尔(Peter Geyl)，也写了一本关于拿破仑的光辉著作(1949年)，得出结果说，在学术性历史中，有关拿破仑的性格和经历的不同阐述——我们有把握地说是模型——足有一打，根据的都是“事实”(拿破仑时期是资料最充分的时期之一)，但又都截然相反。笼统地说，从拿破仑是残忍的暴君、人类自由的自私的敌人到拿破仑是聪明地计划统一欧洲的人，说什么的都有；如果是研究拿破仑的人（本书作者略有研究)，很容易提出一些原始文件来反驳甚至是一般公认的、标准历史的错误。不能两种方法都用。如果甚至象拿破仑这么一个人，离我们时间不长，而且历史文件最多，都会有相反的解释，就不能责备“历史的哲学家”的直观方法、主观偏见等等，他们研究的是全世界历史的无数现象。你对这两种情况只用一种概念模型，它通常只能表现某些方面，而且因此总是片面的。因此，构造历史的概念模型不仅是允许的，而且事实上是任何区别于仅仅罗列资料即编年史的历史叙述的基础。

如果情况是这样，表意符号的方法和研究规律的方法之间的对立就只不过是心理学家习惯叫做“分子”和“克分子”的两种方法之争。可以在复杂的整体之中分析事件——机体中的个别化学反应，心理学中的感觉；也可以研究支配整体的全面的规律，比如研究机体的生长与发育，心理学中的个性。用历史术语说，这是详细研究个人、条约、艺术品、单一的因果等等，或者反过来为发现普遍规律研究整个现象。当然，这两者之间是有许多过渡形式的；极端的例子一是卡莱尔（Carlyle）和他的英雄崇拜，另一极是托尔斯泰（他是一般人不知道的伟大的“理论的历史学家”）。

因此“理论的历史”问题实质是历史学中的“克分子”模型问题；而且在剥去哲学的装饰之后这正是历史的学说。

评估这种模型必须遵循一般规则：证明是假或证明是真。首先考虑实验基础。在这种特定场合，问题就是有限数量的文明社会——至多20个——是否已是证明一般原理的充分的、有代表性的样本。这个问题以及所建议的模型的价值问题应由一般准则来回答：模型有没有说明和预测的价值，即，对已知事实有新的解释并正确预言原先不知道的、过去和未来的事实。

这些考虑虽然是初步的，但已经能够拨去许多笼罩在论题上的误解和哲学的迷雾。

(1) 如前所强调，评价模型应简单地实用主义地看它们说明和预言的长处（或不足之处）；不要先验地考虑好不好或道德后果。

这里我们遇到有点独特的情况。没有人反对所谓的“同步”法则——即在某一时点上支配各社会的假定的规律性；事实上除去实验研究外，这是社会学的目的。同样没有争议的是某些“历时的”法则——即在时间上发展的规律性，例如格里姆（Grimm）法则说明辅音在印欧语系的语言演进中的变化。在文化的各个领域（如希腊雕塑、文艺复兴绘画和德国音乐）中普遍存在一种“生命周期”——说不出特殊的外界原因的原始、成熟、形式的变态瓦解、最终衰亡诸阶段。的确甚至生物进化中也有类似现象，如菊

石或恐龙，第一个蓬勃发展阶段形成各种新类型，尔后是物种形成阶段，最终是衰微。

将这个模型用于整个文明时受到猛烈批判。这是个合理的问题——为什么社会科学的一些更不切实际的模型还在学术界讨论，而历史模型遭到激烈反对呢？姑且认为批评斯宾格勒和托因比的都有根据，显然也包含感情因素。科学大道上撒满了死去的理论的尸体——有的已经腐烂，有的作为木乃伊保存在科学史博物馆里。相反，历史学说以及特别是历史周期的理论触动了神经，而且因此反对就远远超出了通常对科学理论的批判。

（2）牵涉感情的原因同"历史的必然性"问题以及想象的人类"自由"减少有关。在谈这一点之前，应当讨论一下数学和非数学的模型。

社会科学应用数学模型的优缺点是人所共知的（阿罗，1956年；拉帕波特，1957年）。数学模型都极度简化，令人怀疑是否把实际事件剥得只剩下骨头了，或者割去了肌体的主要部分。另一方面，运用数学模型常常通过必要的推断得出普通"常识"得不到的意外的结果。

特别是，拉歇夫斯基(Rashersky)多次指出可以构建历史过程的数学模型(拉歇夫斯基，1951年，1952年)。

另一方面，不应当低估纯粹定性模型的价值。例如，在伏尔特拉(Volterra)等人引进数学模型之前很久就已出现"生态平衡"的概念；选择理论属于生物学的存货，但"生存竞争"的数学理论比较新，而且远未经过野生条件下的证明。

对复杂现象，用定性模型"从原则上说明"（海克〔Hayek〕，1955年）比完全不说明好。这决不限于社会科学和历史；也适用于气象学或进化。

（3）"历史的必然性"——伯林爵士（Sir Isaith Berlin（1955年））的著名研究课题——是非常可怕的"理论的历史"的成果，可能同我们的存在自由选择的直接经验矛盾，而且排除了一切道德判断和价值，这是以不复存在的世界观为依据的幻觉。正如伯

林实际上强调的，它的基础是拉普拉斯精灵的概念，即可以用确定性的规律从过去完全地预测未来。这同现代的“自然规律”概念没有类似之处。全部“自然规律”都有统计性质。它们预测的不是不可抗拒的、确定的未来，而是概率——视事件性质和现有的规律而定，可能趋于确定，否则实现的概率远小于一。在历史理论中寻找或担心比精巧程度较高的学科如气象学或经济学中更多的“必然性”是荒谬的。

矛盾的是自由意志决定于直观证据或者更直接的经验而不能客观证明“是否拿破仑的自由意志引导他投入俄国战役？”，但（统计意义上的）决定论至少用小规模模型可以证明。当然，企业决定于个人的“进取精神”、个人的“决策”和企业家的“责任心”；经理在选择是否雇用更多的人来扩大业务时，他是和拿破仑选择是否在莫斯科接战完全一样“自由的”。但分析工业公司的增长曲线，发现“任意的”离差总是迅速回到正常曲线上去，好象有股看不见的力量在作用。海尔(Haire, 1959年，第283页)说，“返回以往增长所预示的模式说明有不可抗力作用于社会机体”。

突出的是伯林有个观点是“历史决定论的谬误出自它完全同人类日常生活以及常识脱节。”这个论调的性质和因为每个人看到是都是太阳而不是地球早晚不停地运动。而劝人不要接受哥白尼体系一样。

（4）数学的最近发展甚至可以让“自由意志”——这个科学分析不能解决的哲学问题——接受数学的检验。

有了现代系统理论，分子和克分子、研究规律和表意符号的方法之间的取舍就有了精确的意义。集团行为可以用系统法则——如果可以数学化，就用上述理查逊（参考拉波帕特，1957年）所用的微分方程的形式。相反，个人的自由选择可以用对策论和决策论的表述方法去描述。

从公理上说，对策论和决策论是“有理性的”选择。这意味着这个选择是要“求个人效用或满足的极大值，”“个人在若干可能的行动中自由选择并按它们的结果来决定，”“他根据有关自己行

动的全部想象得到的结果的信息，选择最高的一个方案，"他"在其它方面相同的条件下选择较多而不是较少的物品，"等等。（阿罗，1956年）。不一定非用经济收益不同，任何较高的价值都可以代入而不用改变数学的形式。

上述"有理性的选择"包括"自由意志"一词所包含的一切事物。如果我们不想让"自由意志"等于完全随意、不用任何价值判断、从而等于一些极不重要的行动(比如哲学家常常爱举的例子：要不要摆动我的左手小指是我的自由)，那么它是道德学家、牧师或历史学家关心的那些行动的很好的定义：在不同备选方案中自由决策的基础是对情况及其结果的了解，并由价值来指导。

当然，理论要运用到，哪怕是简单的，实际情况上都会有许多困难；建立全面的法则同样困难。但不用明确的表述，两种方法都可以从原则上评估——导致想不到的悖论。

"理性原则"不适合大多数人类行动而适合动物的"非理性的行为。动物和有机体一般以"比率形态的"方式活动，使维持、满足、生存等价值极大化；它们一般都选择从生物学意义上对它们好的东西，喜欢物品(例如食品)多而不喜欢少。

另一方面，人的行为中理性原则很不够。甚至不必引用弗洛伊德的话来证明人的理性行为的范围很小。一般妇女在超级市场上不会追求效用极大，而是很容易上广告商和装潢工人的当；她们不会去调查所有的可能性与结果以便进行理性的选择；甚至不去选用包装不吸引人的商品而要挑选花样引人注目的大的红盒子。在我们的社会里，一个有影响的专业——广告商、动机研究者，等等——的工作就是要让选择非理性化，它的办法是把生物因素——条件反射、无意识的动力——同符号的价值结合起来(参见贝塔兰菲，1956年a)。

而且说这种不合理性的人类行为只不过是一些日常生活中的小事也无济于事；同样原理适用于"历史的"决策。三十年战争时期的瑞典大法官、老滑头沃散斯蒂纳有句话作了很好的概括：我的好孩子，你不知道支配这个世界的道理是多么地少。看看报纸

或者听听广播很容易发现这一点在二十世纪可能比十七世纪更严重了。

从方法论上讲，这点导致了一个值得注意的结论。如果这两种模型用其一，同时如果采用在历史学领域也和地质学及进化论一样基本的“真实性原则”（即除发现当前有效的原理可以用作解释之外没有别的可用这样一个假设）——那么这就是一个有实验证明的统计或大量模型。动机和舆论研究者、统计心理学家等的业务的前提是人类行为中有统计规律；还有个前提是因此较少但仔细挑选的样本可以用来推断要研究的全部总体。盖洛普民意测验和预测一般都能较好地证实这个前提——有时也有偶然的失败，比如杜鲁门当选就是著名的例子。相反的论点——即历史由哲学意义上的“自由意志”支配（亦即为更好、更高的道德价值或甚至开明的自私而作的理性决策）——没有事实根据。统计规律到处被“粗鲁的个人主义者”打破是常见的。“伟人”在历史上的作用同历史的系统概念并不矛盾；可以设想他们的作用是历史过程中的“主要零件”、“触发器”与“催化剂”——这是一般系统理论讨论较多的现象。

(5)还有一个问题是历史学家一致谴责的“生物的类比”。他们坚持反对斯宾格勒下列观点的“形而上学的”、“诗意的”、“神话般的”、彻底虚构的性质：文明是一种“有机体”，它有生有死，按它的内部规律发展。托因比煞费苦心地（例如1961年）强调他没有上斯宾格勒的当——尽管不容易否定他的文明是用有机体来设想的，因为这些文明由“血缘联系”与“表面相似”的生物学关系相联系，而且甚至有比较严格的发育时间。

没有人比生物学家更了解文明不是“有机体”。根本不用讨论的是，生物学上的有机体这个物质实体与空间和时间上的统一体，与由不同个人组成的社会集团不同，与由各代人、物质产品、制度、观念、价值等构成的文明更不相同。这说明大大低估了维科、斯宾格勒（或任何正常人）的才智，认为他们不了解最明显的东西。

但值得指出的是，与历史学家的顾虑不同，社会学者并不讨厌“有机体的类比”，而是视为当然。例如，拉帕波特和霍瓦斯（1959年）说：

把实际组织看成一个有机体不无道理，即，有理由认为这种比较未必是无益的隐喻式的类比，就象在有关国家问题通行的学究式思考中那样。组织之中可以看出类似生物的功能。它们维持着它们自己；有时要繁殖或新陈代谢；对压力作出反应；老化，死亡。组织有有形的结构，而且至少那些变换物质投入的组织（例如产业）是有生理学的。

或如维克尔斯爵士所说（1957）：

机构要成长，修复自己，繁殖自己，老朽，分解。在它们的外部关系中表现出许多有机生命的特征。有人认为人类机构在其内部关系中也越来越有机化，人的合作越来越接近细胞在机体中的综合。我认为这种前景不能令人信服，（也）不会使人愉快。（注意，本书作者有同感。）

还有海尔（1959年，第272页）：

社会组织特别是产业组织的生物学模型是把生物和调节生物生长、发展的过程与原理作为模型。这是指研究组织成长的有规律的过程。

简单成长规律用于制造业公司、城市化、以及分工等社会实体的事实证明在这些方面的“有机体的类比”是对的。尽管历史学家反对，对历史过程使用理论模型特别是动态模型、开放与适应系统（麦克克里兰德，1958年）肯定有用。这并不意味着“生物学主义“即将社会概念降低为生物概念，只能说明系统原理适用于这两个领域。

（6）方法不高明、事实有错误、历史过程极其复杂——一切反对意见是必然的，但我们有些遗憾地不得不承认历史的周期模型通过了最重要的科学理论的检验。斯宾格勒在“西方的衰落”

中的预言，托因比预测麻烦与斗争状态时代的预言，以及奥蒂加·乌·加塞特在“群众起义”中的预言——我们还可以加上“勇敢的新世界”和“1984年”——都已令人不安地被证实了，而且比许多社会科学家的可敬的模型好得多。

这说明“历史的必然性”和不可抗拒的瓦解吗？道德化与哲学化的历史学家再一次忽略了简单的答案。没有人能从以往的文明的生命周期推断、预言出工业革命、人口爆炸、原子能的发展、不发达国家的出现、以及西方文明在全球的扩展。这是否定所谓历史的模型“规律”吗？不，这只是说这种模型——和科学的每一个模型一样——只能反映现实的某些方面或侧面。使用模型只有在认为“只有”它有用的时候才有危险，这不仅损害理论历史学，而且也损害机械论世界观、精神分析以及其它许多模型。

通过以上讨论我们希望说明一般系统论对科学理论的扩充有贡献；引出了新见解与原理；而且提出了“可以研究的”新问题，亦即允许进一步研究——不论是实验研究还是数学研究。这项理论及其应用在当前状态下的局限性是明显的；但这些原理在不同领域应用之后证明是基本正确的。

5、作为物理系统考虑的有机体

作为开放系统的有机体

物理化学是化学系统中动力学与平衡的理论。举一个例，考虑酯的形成的可逆反应：

$$C_2H_5OH + CH_3 \cdot COOH \leftrightarrows CH_3COO \cdot C_2H_5 + H_2O,$$

其中一方是酒精与醋酸，另一方是酯与水，二者之间始终确立一定的数量比例。

在说明生理过程时，很重要的一点是应用物理化学平衡原理，特别是化学动力学和质量作用法则。例如血液的作用是将肺里的氧输送给身体组织，再反过来把组织中形成的二氧化碳送到肺里呼出去；由血红蛋白、氧合血红蛋白与氧之间按质量作用律形成的平衡过程，不仅可对血红蛋白溶液中的简单条件，而且也可以对脊椎动物血液中的复杂条件作数量的表述。大家知道，酶反应、呼吸、发酵等的动力学研究很重要。同样，其它物理化学平衡（分布、扩散、吸附、静电平衡）在生理上也有重要意义（参考莫塞尔[Moser]与莫塞尔-艾格[Moser-Egg]，1934年）。

从整体看有机体，它的特征与平衡的系统类似（参考兹瓦特麦克尔[Zwaardemaker]，1906年，1927年）。我们在细胞与多细胞生物中发现一定的组分，看到各种成分的固定比例，这就类似于平衡的化学系统中各成分的分布。同时在较大程度上经过扰乱之后，在不同条件、躯体不同大小等情况下还能继续保持平衡：组分独立于各成分的绝对量，扰动后的调整能力，变化条件下以及营养变化时组分的稳定，等等（参看贝塔兰菲，1932年，1937年）。

我们立即看出有机体中可能有平衡的系统，但这个有机体

不能看作平衡的系统。

有机体不是封闭系统，而是开放系统。系统“封闭”是指没有物质出入该系统，若有物质输进输出叫“开放”。

因此，化学平衡与代谢的有机体之间有根本的差别。生物不是对外界封闭的静态系统，不能经常保持成分的固定；它是一个（拟）稳定状态的开放系统，在成分物质与能量不断变化时保持质量关系的固定，其中不断有物质进出于它与外界环境之间。

作为稳态（或更恰当些是拟稳态）系统的有机体的性质是其主要准则之一。一般地说，基本的生命现象可以看成是这个事实的结果。从短时间考虑生物，它是一个通过交换成分维持在稳态中的形体。这相应于一般生理学的第一个主要领域——即在化学与能的方面新陈代谢的生理学。加在稳态之上的是较小的过程波，基本有两种。一是由系统本身产生的，从而是自主的周期过程（例如呼吸、循环、消化器官的自动活动；可能由有节律的化学释放产生的神经中心与脑的自动、有节律的电活动；整个生物的自主活动）。其次，生物以其稳态的可逆波动对环境的暂时变化、对“刺激”作出反应。这是因外界条件变化引起的过程，从而在刺激的生理学中属于他治的一类过程。它们可以被看作稳态的暂时扰乱，生物从这种状态回到“平衡”，回到稳态的相等流量。这种考虑有用并能引出定量表述。最后，把生物的状态作为稳态来定义，只是在初步逼近中才是正确的；就象我们研究新陈代谢那样处理“成年”生物的一个较短时间。如果我们研究整个寿命期，过程就不是稳定而是拟稳定的了，它的变化足够地慢，以致为了某些研究目的可以舍象掉，并包含胚胎发育、生长、老化、死亡，等等。这些现象是形态发生这个题目不完全包括的，它们代表一般生理学的问题的第三个大类。这种考虑对可以进行定量表述的领域特别有用。

一般说来，物理化学局限在仅仅考虑封闭系统的过程。物理化学的著名表述都是这样；质量作用律就是只用于封闭系统的真正化学平衡的定义的。化学平衡可以用于转移反应的根据就是因

为这些属于达到平衡的快速离子反应。物理化学很难考虑开放的化学系统。动力学只能用于封闭系统的现象不难理解；因为开放系统更难以从技术上建立，而且在纯物理学的考虑中不太重要。但这样的安排是可见的：例如，在a⇄b的反应中，从左到右的反应产物b不断用合适的办法（沉淀作用、通过只能渗出b而不能有a的膜来渗析，等等）从系统取出，而a在不断进入系统。这种系统有时在工艺化学中出现，生产醋酸的连续发酵过程是我们在此叫做“开放化学系统”的例子。

但这类系统对生物学者非常重要。因为开放的化学系统在自然界确实是以生物的形式出现的，它们在不断交换成分的过程中维持自己。“生命是多相系统中的动态平衡”(霍浦金斯)。

因此象物理化学的著名的表达式定义封闭系统中真正的化学平衡那样，我们需要所谓稳态平衡的定义、成分变化中组分不变的定义。

与物理化学研究的系统相比，生物的反应系统与反应条件显然复杂得多。这些反应发生在大量的成分之间。而且细胞与生物不是同质的系统（真溶液），而是代表异质、胶质的系统，因此反应不仅取决于质量作用，还在于吸附、扩散等许多物理化学因素。甚至试管里的酶反应一般都不是遵循质量作用律的。情况就是这样，很清楚，即使是简单的生物系统的反应也不能用封闭的方程组来表述；这种方法只能用于孤立的、部分的系统。但有这么一些可能，首先，可能描述开放系统的某些一般原理，不管系统有什么特殊性质。其次，虽然从生物甚至单个细胞的大量反应来看，不可能跟踪单个反应，但表示式仍可用于表示大量不能计算的或甚至未知的过程的统计平均数。这种做法已经在化学中运用，那是对包含许多步骤的反应使用总公式。同样，新陈代谢与生物力能学的生理学平衡方程的基础是从中间代谢的许多而且主要是未知的过程得出的统计平均数。例如我们可以把组成代谢与分解代谢过程分别归纳为“同化”与“异化”，并作为第一次逼近考虑稳态为“同化”与“异化”的平衡。这种代表大量无法求解

的过程的统计平均的量可以用于计算，正如物理化学通常计算个别化合物与反应的情况一样。

机体新陈代谢的中心课题是：系统在物质与能不断流动与交换的情况下的维持，细胞或生物中在第一个反应之后的无数物理化学反应的顺序，在不同条件下，在扰乱之后，以不同规模维持各成分的固定比例，等等。用茨契尔麦克斯（von Tschermaks, 1916 年）的话说，生命系统在同化与异化中的两面变化说明是要维持某种状态，要进行抵偿由退化造成的紊乱的再生的趋势。在过程中失去的东西又从营养提供的物质重新形成，酶释出的结构单元在生物系统中找到了合适的地方因此可以在新陈代谢中维持自己，这些情况是怎么发生的呢？新陈代谢的“自动自调节”原理是什么？我们掌握了大量有关细胞与生物中的物理化学过程的知识；但我们不能忘记“即使全面阐明了单个的过程，我们距离充分了解细胞的整个新陈代谢还很远很远”（哈特曼〔M. Hartmann〕，1927年，第258页）。对以上述方式控制个别过程的原理的了解是极少的。毫不奇怪，这个问题会一次又一次地带来生机论的结论（例如，科特基〔Kottje〕，1927年）。

显然，我们正在研究的一般原理不能详细说明这些问题；但它们可以为生命、新陈代谢的自我调节、维持成分的变化的根本特征指出一般的物质基础。只有实验研究才能弄清个别代谢过程得以实现的特殊道路。但可以指望一般的考虑可能指出迄今不敢想象的可能性，可以指望提出的表述或类似的方程有可能描述具体的个别现象。

开放化学系统的一般特征

封闭系统中的真正平衡和开放系统中的稳态“平衡”有某种相似性。因为作为系统，从整体和它的成分看，两种系统都是不变的。但上述两种场合的物理状况是根本不同的。封闭系统的化学平衡的基础是可逆反应；它们是热力学第二定律作用的结果，

由最小自由能量决定。开放系统不同，稳态在整体上和许多单个反应方面都是不可逆的。另外，根据定义，第二定律只能用于封闭系统而不能决定稳定状态。

根据第二定律，封闭系统必须最终达到由最大熵与最小自由能量决定的独立于时间的平衡状态（热平衡，范特·霍夫 [Van't Hoff] 对质量作用律的热力学推导，等)，各相之间的比值是固定的。开放化学系统可以达到（预先假定某些条件）独立于时间的稳态，此时系统从整体上和在（宏观）各相中都是不变的，尽管存在成分物质的连续流动。

平衡的封闭系统不需维持自身的能量，也不能由此获得能量。例如，有一个存有大量（潜在）能量的封闭容器；但是它不能推动一台发动机。平衡的化学系统也是这样。这不是化学休止的状态；反应仍在进行，由于质量作用的调节，每种分子或离子失去多少会形成多少。但化学平衡不能作功。为了维持过程能继续进行，不需要功，从中也得不到功。从基本反应获得并由基本反应使用的功的代数和等于零。要作功，系统不能处于平衡状态，只是趋向平衡；这时才能得到能量。为保证这点能连续实现，流体力学与化学系统必须稳定，即水或化学物质的稳定流动必须保持，所含能量变换为功。因此倾向于尽快达到平衡的封闭系统不会有连续做功的能力，只有开放系统才有此能力。生物中的表观的“平衡”不是不能做功的真正平衡；那是一种动态的拟平衡，同真正的平衡保持着固定的距离；所以才能做功，但另一方面又要求不断输入能量以维持同真正平衡的距离。

要维持“动态平衡”，各过程的速率必须精确和谐。只有这样某些成分才可能分解以释放有用的能量，另一方面还要输入以防止系统实现平衡。生物中的快反应导致化学平衡(例如血红蛋白与氧的平衡)；慢反应不趋向平衡，始终保持在稳态。因此，稳态化学系统的存在条件是反应的某种缓慢程度。类似离子之间的瞬时反应导致“无限短”时间里达到平衡。生物中维持稳态是靠它由复杂的碳化合物组成的事实；一方面，它们富于能量而有化

学惰性，所以可以保持相当的化学潜势；另一方面，这些能量由酶的作用迅速而规则地释出，因此保持了稳态。

为导出稳态的条件与特征可以利用一般的运输方程。令Q_i代表系统第 i 个元素的度量，例如，联立方程组中的浓度或能量。它的变化可以表示为：

$$\frac{\partial Q_i}{\partial t} = T_i + P_i \text{。} \tag{5.1}$$

T_i 代表空间某一点的一个体积元中的元素 Q_i 的运输速度，P_i是生产率。

物理学、生物学乃至社会学的许多方程都是方程（5.1）的特例。例如，在分子的量中，P_i是表示物质Q_i形成与破坏的反应速率的函数；T_i视系统不同而有许多形式。例如如果没有外力影响质量，T_i用菲克(Fick)的扩散方程表示。在没有T_i的时候，就是封闭系统反应的常用方程；如果没有P_i，就是简单的扩散方程，此时T_i的形式是$T_i = D_i \nabla^2 Q_i$，拉普拉斯符号∇^2代表空间坐标x、y、z 中的二阶偏导数之和，D_i是扩散系数。在生物学中，例如在生长中也有这种方程；社会学和人口动态之中也有。一般说来，人口变化率等于人口流动（迁入减迁出）加上生产率（出生率减死亡率）。

总之，因此我们得到一批联立的偏微分方程。一般来说，P_i与T_i是Q_i与其他系统变量Q_j的非线性函数，又是空间坐标 x、y、z 与时间t的函数。为求解方程，必须知道方程的空间形式以及初始与极限条件。

在这里有两个考虑比较重要，我们把它们叫做时间断面和纵切面。第一个问题是维持稳态，这在生物学中是新陈代谢的根本问题。第二个问题涉及系统对时间的变化，例如在生物学上由生长来表示。还可以简短地提出第三个问题，亦即生物学领域中的类似自动节律运动这样的自主过程的特征——周期性变化。这三个方面对应于生理学的三个主要领域的一般问题。

系统在时间上变化的“时间纵切面”问题可用求解类似

（5.1）的微分方程来解决。

举一个简单的例子，考虑这样一个开放的化学系统：由一个成分Q组成，反应物质不断输入并取走产生的反应产品。令 E 为每单位时间输入反应物质的量；k为按质量作用律的反应常数；因此kQ为周转量；于是，预先假设开始时输入的量大于变换的量，系统的浓度依下列方程增加：

$$\frac{dQ}{dt} = E - kQ。 \qquad (5.2)$$

如上所述，这是一般方程（5.1）的特例。由于假设流入是固定的，而且流出等于化学反应，因此扩散与浓度的梯度可以略而不计（或者可以说，假定系统完全“搅拌”），（5.1）中的空间坐标消失；我们得到的便不是偏微分方程而是常微分方程。在时间 t 的浓度便成为：

$$Q = \frac{E}{k}\left(\frac{E}{k} - Q_0\right)e^{-kt}。 \qquad (5.3)$$

Q_0是 $t = 0$ 时的初始浓度。因此浓度是渐近地增加到一个周转量等于流入的极限（流入假定是不变的）。这个最大的浓度是$Q\infty = E/k$。

更接近生物条件的系统是下面这一种。令输入系统的物质a_1与系统外、内浓度之差（$X-x_1$）成比例。从生物角度，我们这里考虑简单的糖与氨基酸。在一个单分子与可逆反应中，输入的物质a_1可以形成浓度x_2的化合物a_2（例如，单糖变换为多糖，氨基酸变为蛋白）。另一方面，物质a_1可在不可逆反应（例如氧化、脱氨化作用）中分解代谢为a_3；而且a_3可以按其浓度的比例离开系统。这样便得到以下反应体系：

$$\begin{array}{l} X \xrightarrow{K_1} x_1 \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftarrows}} x_2 \\ \qquad\;\; k_3 \downarrow \\ \qquad\quad\; x_3 \\ \qquad\; K_2 \downarrow \\ \qquad\;\; \text{流出} \end{array}$$

以及方程：

$$\frac{dx_1}{dt}=K_1(X-x_1)-k_1x_1+k_2x_2-k_2x_1$$
$$=x_1(-K_1-k_1-k_3)+k_2x_2+K_1X$$
$$\frac{dx_2}{dt}=k_1x_1-k_2x_2 \qquad (5.4)$$
$$\frac{dx_3}{dt}=k_3x_1-K_2x_3$$

为消去第一个方程中的常数，令其等于0；x_1^*、x_2^*……为这些方程的根。引入新变量：

$$x_1^1=x_1^*-x_1\cdots\cdots \qquad (5.5)$$

代入方程(5.4)。

这些方程的一般形式为：

$$\left.\begin{aligned}\frac{dx_1^1}{dt}&=a_{11}x_1^1+a_{12}x_2^1+\cdots\cdots+a_{1n}x_n^1\\ \frac{dx_2^1}{dt}&=a_{21}x_1^1+a_{22}x_2^1+\cdots\cdots+a_{2n}x_n^1\\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\\ \frac{dx_n^1}{dt}&=a_{n1}x_1^1+a_{n2}x_2^1+\cdots\cdots+a_{nn}x_n^1\end{aligned}\right\} \qquad (5.6)$$

一般解：

$$\left.\begin{aligned}x_1^1&=C_{11}e^{\lambda_1t}+C_{12}e^{\lambda_2t}+\cdots\cdots C_{1n}e^{\lambda nt}\\ x_2^1&=C_{21}e^{\lambda_1t}+C_{22}e^{\lambda_2t}+\cdots\cdots C_{2n}e^{\lambda nt}\\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\\ x_n^1&=C_{n_1}e^{\lambda_1t}+C_{n_2}e^{\lambda_2t}+\cdots\cdots C_{nn}e^{\lambda nt}\end{aligned}\right\} \qquad (5.7)$$

现在来考虑时间横断面即独立于时间的稳态中的成分的分布。

一般说来，方程(5.1)定义的系统可以有三个不同的解。第一，Q_i无限增加；第二，得到独立于时间的稳态；三，可以有周期解。

一般系统(5.1)的稳态解的存在不容易证明，但在某些场合可以看到。假定Q_i的两项都是线性的而且独立于t。便可以用标

准积分方法求解，其形式为：

$$Q_i = Q_{i1}(x, y, z) + Q_{i2}(x, y, z, t), \qquad (5.9)$$

中式Q_{i2}是时间 t 的函数，随着时间的增加在某些常数与极限条件之间的关系下，此数趋向于零。

另一方面，如果有用（5.9）中的 Q_{i1} 表示的独立于时间的稳态，Q_{i1}必须满足独立于时间方程：

$$T_i + P_i = 0。\qquad (5.10)$$

由此可以看出，

(1)如果有平稳解，则在定态系统的组分中对于成分Q_i是保持不变的，虽然反应在继续，不象封闭系统那样会达到平衡，虽然也有物质的出入，这种情况正是生物系统的特征。

(2)在定态中，通过运输和化学反应的每个时间单位进入状态$Q_i(x、y、z、t)$的元素数量等于离开它的数量。

对于周期解也可以有类似考虑。上述推导确实是以关于方程性质的比较特殊的假设为前提的。然而，虽然对于系统(5.1)中的平稳与周期解的存在没有一般准则，这些条件可以在某些线性甚至非线性的场合指出。对我们来说重要的是，开放系统中存在平稳的、动态的平衡，或者存在由动态而不是结构与机械的原理保证的某种过程序列的事实，可以从一般考虑中推导出来。

求解定态的方程(5.4)得：

$$x_1 : x_2 : x_3 = 1 : \frac{k_1}{k_2} : \frac{k_3}{k_2}。$$

因此我们从定态中看出建立了一个各成分之间的固定比率，尽管它与封闭系统不同，不是以可逆反应为基础的，它的反应是部分可逆的。另外，定态中各成分的比率只决定于反应常数，与流入量无关；于是系统表现出可与有机系统比较的“自我调节”，后者的成分间比率在变化的流入、变化的绝对规模等等之中保持不变。

而且我们又发现：

$$x_1^* = \frac{K_1 X}{K_1 + k_3}。$$

当外界扰动（“刺激”）导致分解代谢增加时——例如反应常数k_3增加而其它常数保持不变时——x_1会减少。但由于流入与浓度差$X-x_1$是成比例的，后者增大时摄入量也增加。如果在“刺激”停止之后，分解代谢的常数回到它的正常值，系统便回到它的原来状态。然而如果扰动从而分解代谢率的变化继续下去，将建立一种新的定态。于是系统产生抵御扰动的力量，用增加摄入量来补偿增加的分解代谢。因此显出对新情况的“适应”。这些也都是系统的“自我调节”特征。

因此可以看出，作为生物系统特征的性质是开放系统性质的结果：维持“动态平衡”、组分不依靠成分的绝对量、变化的条件与营养状况之下组分的维持、正常分解代谢或分解代谢受刺激增加后重建动态平衡、动态的过程序列，等等。从物理学原理可以理解“新陈代谢的自我调节”。

同结果性

生物系统的一个重要特征是用“目的性”、“结尾”、“寻的”等术语表示的。现在看物理的考虑是否有助于阐明这些术语。

人们经常强调，每个达到平衡的系统都以某种方式显示出前面讨论过的“终结”行为。

更重要的是以下的考虑。通常总是想把有机的调节看成是建立“平衡”(当然，具有很复杂的性质)(例如，科勒〔Köhler〕,1927年)——使用利查特利尔〔LeChatelier〕的原理与类似的原理。我们不是要在复杂的有机过程中确定这种“平衡状态”，但不能不看到这种概念在原则上是不够的。因为除了某些个别的过程，生物系统不是真正平衡的封闭系统而是定态的开放系统。

不过，开放系统的定态有明显的特征。

生物过程中动态序列的一个极有特征的方面叫做同结果性。发生在象机器一样的结构中的过程遵循一个固定的路径。因此如果初始条件或过程有变化，最终状态也会变化。但生物过程不

同，不同的初始条件，不同的路径，可能产生相同的最终状态、相同的“目标”。例如螅体或涡虫，不论是一个整体的、一个分割的或两个合成的卵、或是任何一小片，都可以发育成一个正常的生物，还有的生物从不同的初始体积和经过不同的生长过程发展成确定的最终体积。

我们可以定义：

元素$Q_i(x、y、z、t)$组成的系统的任何由元素Q_j组成的子系统有同结果性，如果初始条件$Q_{i0}(x、y、z)$可以改变，而$Q_j(x、y、z、\infty)$的值不变。

我们可以规定两个有趣的定理：

1. 如果有形式（5.9）的解，初始条件不进入定态的解。这是说：如果开放系统（所讨论的这一种）达到定态，便有同结果性或独立于初始条件的数值。一般化的证明比较困难，因为没有定态存在性的一般准则；但特例可以证明。

2. 在封闭系统中，有些元素的函数——例如总质量或能量——按定义是常数。考虑这样一个系统的积分，$M(Q_i)$。如果Q_i的初始条件给定如Q_{i0}则必有：

$$M(Q_i)=M(Q_{i0})=M, \tag{5.11}$$

独立于t。如果Q_i趋向渐近值Q_{i1}则

$$M(Q_{i1})=M \tag{5.12}$$

但M不可能完全独立于Q_{i0}；当Q_{i0}变化时，M与$M(Q_{i1})$也变化。如果这个积分值变化，至少一部分Q_{i1}也必须变化。但这是与同结果性的定义矛盾的。因此我们可以规定定理：封闭系统不可能对全部Q_i有同结果性。

例如，一个遵循方程(5.2)的最简单的开放化学系统，时间t时的浓度由(5.3)给出；$t=\infty$时，$Q=E/k$，它独立于初始浓度Q，而且只取决于系统常数E与k。扩散系统中同结果性的推导——即趋向独立于时间与初始条件的定态——见拉雪夫斯基(Rashevsky)，1938年)。

当然，如果我们不知道特殊条件，一般的考虑不能说明具体

的现象。但一般的表述并不是没有意义。首先我们看到，对于显然形而上学或活力论的结尾概念有可能给出物理的表述；众所周知，同结果性是德莱斯奇(Driesch)活力论的所谓“证明”的基础。其次，我们看到生物的两个基本特征之间的紧密关系——一是同结果性，一是这样一个事实：它不是热力学平衡中的封闭系统而是（拟）稳态中的开放系统。

关于系统不仅取决于现实条件而且取决于过去的条件以及过去发生的过程的问题，这里不予考虑。这些现象叫做“后效”、“遗传的”(数学的含义：匹卡德〔E.Picard〕)或“历史的”(伏尔特拉〔Volterra〕)(参见德安考纳〔D'Ancona〕，1939年)。属于这个范畴的现象有弹性、电、磁，等滞后。考虑对过去的依存性，我们的方程就变成伏尔特拉(参看德安考纳)与唐南(Donnan)所讨论的积分-微分方程。

生物学的应用

现在已经很明显，许多通常被认为属于活力论或神秘的有机体系统的特征，可以从系统概念和同热力学与统计-力学有联系的某些更一般的系统方程的特征推导出来。

如果生物是开放系统，一般用于这类系统的原理必定适用于它（在变化中维持、过程的动态序列、同结果性，等等），完全不问各成分之间显然极端复杂的关系与过程的性质。

当然，这种一般考虑不能说明特定的生命现象。但讨论的原理应当为特定的生命现象的定量理论提供一般的结构或模式。换一种说法，个别生物现象的理论应当成为我们的一般方程的特例。如果不求完整，可以举出少量例子来说明，作为开放的化学系统的生物的概念与定态肯定是一个在各种领域都有效的工作假设。

拉歇夫斯基作为高度简化的细胞的理论模型研究了外界有物质扩散进入的新陈代谢的微滴的行为，物质在其中进行化学反

应，反应产物则流出微滴。对这个简单开放系统的研究（其方程为方程(5.1)的特例）可以从数学上推断许多重要生命现象的特征。得到这类系统对应于实际细胞、生长与周期分裂、自发产生的不可能性、细胞分裂的一般特征，等等系统的数量级。

奥斯特霍特（Osterhout, 1932-33年）将开放系统的概念用于渗透性现象并进行了定量研究。他用的细胞模型是一个非水层，内外包有水溶液体(内液等于细胞液)。渗进物质的盐的形成表明细胞内有渗进物质在蓄积。结果不是平衡而是定态，其中细胞液的组分在数量增加时保持不变。这个模型与前一节提到的相似。经过数学推导，这个模型的动力学与生物细胞相似。

开放系统与稳定状态一般在新陈代谢中起着根本的作用，尽管数学表述只能用于简单的情况或模型。例如，只是因为肠在不断吸收酶作用的产物，消化才能继续；因此永远不会达到平衡状态。在另一些场合，反应产物的累积可能导致反应停止，这说明某些调节过程(参考贝塔兰菲，1932年，第191页)。使用储存物质时就是这样：许多植物种子胚乳中储存的淀粉分解为可溶产物的过程由植物生长对碳水化合物的需要来调节；在实验时如果阻抑发育，对胚乳中淀粉的使用便停止。普费佛〔Pfeffer〕与汉斯汀〔Hanileen〕(引自匍勃〔Höber〕，1926年，第870页)初步证明，消化淀粉产生的糖累积起来，被抑制的种苗不加利用，是胚乳中淀粉停止分解的原因。如果分离胚乳，接上一根石膏柱，在糖通过石膏柱扩散往一定数量的水时，胚乳中的淀粉继续分解，但如果石膏柱放进很少的水中以致糖的浓度阻止水解，淀粉就停止分解。

生长理论是已经可以用方程来表述过程的一个领域。可以认为(贝塔兰菲，1934年)，生长的基础是组成代谢与分解代谢过程的作用与反作用：当更新超过分解时，生物就生长；两个过程平衡时，生物就不变。还可以进一步假定，有许多生物，分解代谢同体积(重量)成比例，组成代谢同再吸收即表面积成比例。这些假设有形态学与生理学上的依据，象涡虫这样简单的例子可以证明，而且可以由测量肠面积得到部分证明(贝塔兰菲，1940年b)。

若令k为单位质量的分解代谢的常数，总的分解代谢为kw(w＝重量)；同样，令η为单位面积的常数，组成代谢为ηs，而且重量的增加由这些量的差决定：

$$\frac{dw}{dt}=\eta s-kw。\qquad(5.13)$$

从这个基本方程，可以推出定量表示经验生长曲线的表示式并说明许多生长现象。对于比较简单的情况，这些生长规律可以用严密的物理试验证明。另外，计算生长曲线可以求出分解代谢率，将这一计算结果同生理实验直接测定的值比较，可以获得非常一致的结果。这点说明，首先，方程的参数不是数字的产物而是生理的实际情况；其次，它是基本的生长过程理论的反映（参看第7章)。

这个例子很好地证明了前面所说的同结果性原理。依(5.13)，重量的增加应为：

$$w=\left[\frac{E}{k}-\left(\frac{E}{k}-\sqrt[3]{w_0}\right)e^{-kt}\right]^3,\qquad(5.14)$$

式中E与k是同η与k相关的常数，w_0是初始重量。稳定的最终重量是$w^*=(E/k)^3$；因此独立于初始重量。这点也可由实验证明，因为由视种类而定的常数E与k决定的同一个最终重量可以按完全不同于正常曲线的生长曲线求出（参看贝塔兰菲，1934年)。

显然，这一生长理论遵从开放系统的动力学概念；方程(5.13)是一般方程(5.1)的特例。代表开放系统的、生物的基本特征应是生物生长的原理。

可以运用这个概念的另一个领域是兴奋现象。赫林第一个将激动现象看作生物过程的稳定流的可逆扰动。在休息状态，同化与异化是平衡的；刺激引起异化增加；但当可分解物质的量减少时，反作用的同化过程就加速，一直到同化与异化之间达到新的稳定状态。这个理论非常有用。普特（Pütter）理论（1918—20年)——1931年赫克特(Hecht)有进一步发展——认为从感觉物质（例如脊椎动物眼睛中视网膜杆的视紫质）变成的兴奋物质的形

成与消失是兴奋的基础。在化学动力学与质量作用律的基础上，从这些过程的反作用、兴奋物质的产生与消退可以推出感觉兴奋的定量关系：临界值现象，对光亮与黑暗的适应，强度的辨别、威勃(Weber)定律和它的局限性，等等。关于兴奋与抑制物质、关于刺激影响下异化机制等的类似假设，形成了关于神经因电刺激兴奋的拉歇夫斯基理论(1938年)的基础（形式上与希尔(Hill, 1936年)的兴奋理论一样）。兴奋物质的理论不限于感觉器官与末梢神经系统，还适用于兴奋从突触的一个神经元到另一个神经元的转移，不用涉及尚未解决的、关于中枢神经系统中转移的化学或电理论的问题，前一种理论已经可以说明区别于末梢神经的中枢神经系统的许多基本特征，例如传导的非交互性、中枢神经系统中传输减速、总和与抑制；这里也有可能作定量表述。例如，拉匹克(Lapicque)研究了一种中枢神经系统总和的数学理论；按恩拉斯(Umrath)的看法，这可以用兴奋物质的产生与消退来说明。

因此我们可以说，首先，新陈代谢、生长、兴奋等较大的领域已经开始合并为一个综合的理论领域，它的指导思想是开放系统的概念；其次，可以说这个概念产生了一大批问题和可能的定量表述。

应当指出，同兴奋现象有关，这个概念对药理学问题也很重要。罗维(Loewe, 1928年)将生物作为开放系统的概念用于定量分析药物效果，就若干药物的作用机制推导出定量关系（“加入”、“滴进”、“缓释”系统）。

最后，个别生物讨论的类似问题在超个体的实体中也有发生，这些实体不断死与生、个体有迁入有迁出，表现是一种更高级性质的开放系统。事实上，伏尔特拉研究的人口动态、生物群落等方程（参看德安考纳，1939年）都是上述方程的一般形式。

总之可以认为，从上述概念出发考虑生物现象，已经研究出一些一般原理，它们已经证明可以说明特殊的生命现象。

6、开放系统的模型

活机器及其局限性

我们的讨论可以从往往只是科学难以回答的一个不太重要的课题开始。正常的、生病的、死去的生物之间有什么不同？从物理与化学角度的回答，必建立在所谓机械论的理论基础上，这个差别就无法确定。用物理与化学的术语来说，活的生物是大量过程的综合，这些过程已经经过充分的研究，积累了大量的知识，可以用化学公式、数学方程以及自然规律来确定。这些过程对一只活的、生病的、死去的狗来说，当然不同；但物理定律不能给出差别，它们不关心狗是死的还是活的。甚至我们考虑分子生物学的最新发展，情况也是这样。一个分子的、蛋白质的、酶的或激素的过程同另一个过程一样好；都是由物理与化学定律决定的，这一个不会比另一个更好些、健康些或正常些。

不过，活的生物和死的生物之间是有根本区别的；通常要我们区别活的生物和死的东西不会有什么困难。活的东西身上有无数化学与物理过程的正常秩序，以致活的系统能够维持、生长、发育、繁殖，等等。但，普通物理课本里找不到的"秩序"概念是什么意思呢？为了给它下一个定义并加以说明，需要一个模型，一个概念结构。其中有一种模型从现代科学开始时就使用了。这就是活机器的模型。随技术水平的不同，对模型有不同的解释。十七世纪笛卡儿采用作为机器的动物概念时，当时只有机械的机器。因此动物是一种复杂的钟表。鲍列里(Borelli)、哈维(Harvey)等所谓医疗物理学家，使用杠杆、泵等的机械原理来解释肌肉、心脏等的功能。这点人们现在还能从歌剧里看到，美丽的奥林皮

距在“霍夫曼的故事”中变成一个人造的玩偶时，当时就把它叫做自动机。后来采用了蒸汽机和热力学，于是生物又被看成是一台热机，这个概念引起对热量单位的计算等等事物。但生物不是把燃料能量转变成机械能的热机。它比较象一个化学动力机，使燃料能量直接做功，这个事实是肌肉作用理论等的基础。最近出现了自我调节的机器，例如自动平衡器、自动导航的导弹、现代技术的伺服机构等。这样生物又变成控制论的机器，可以解释许多自动平衡及其有关现象。最新发展是分子机器。当人们说及克列伯斯（Krebs）氧化循环“工厂”或把线粒体当作细胞“发动机”的时候，就是指分子这一级的类似机器的结构决定酶反应的秩序；同样，有一个微型机器在将染色体的DNA遗传密码转变或翻译成特殊的蛋白质，最后成为复杂的生物。

生物的机器模型尽管有成功之处，但也存在着困难和局限。

首先是机器的起源问题。老笛卡儿不存在这个问题，因为他的动物机器是制钟表的神灵创造的。但机器怎么来到这个充满不受控制的物理化学事件的世界的呢?钟表、蒸汽机、晶体管自己不会在自然界产生。无限复杂的活机器是哪里来的?我们当然知道达尔文主义的解释，还有疑问，特别是关心物理学的人；留下的问题是普通进化论读本一般不会提出与解答的。

其次是调节的问题。用现代自动机理论可以理解自我修复的机器。问题出在随意扰动之后的调节与修复。比如，一台机器、一个胚胎或者一个大脑能不能在无限多的扰动而不是一定扰动或有限扰动之后进行调节呢?原则上所谓的图灵机可以把最复杂的过程（数量如果有限）分解为自动机能够再现的步骤。但步骤的数目既非有限也非无限，而是“很大”，即超过宇宙间可能的事件与事物的数目。这样还能把生物当作机器或自动机吗?众所周知，这一类的有机调节被活力论者用作生物机器由超物质的作用即所谓生命原理控制与修复的证明。

更重要的是第三个问题。活的生物是通过成分的不断交换维持的；生命系统的基本特征是新陈代谢。我们好象有一种机器，它

由燃料构成，不断消耗自己还能维持自己。现代技术不可能出现这样的机器。换句话说：生物的类似机器的结构不是生命过程的秩序的最终说明，因为机器本身是在过程的有序流之中维持的。因此，最初的秩序必然在过程本身之中。

开放系统的若干特征

讨论这个问题的前提是我们认为有生命的系统基本上是开放系统（勃尔顿（Burton），1939年；贝塔兰菲，1940年a；第5章）。开放系统是指同环境交换物质的系统，它的物质成分有输入与输出，有组成与分解。一直到最近，物理化学中的动力学与热力学还都局限于封闭系统；开放系统的理论比较新，还有许多问题没有解决。开放系统的动力学理论有两个来源：一是生物的生物物理学，一是工业化学的发展。后者除了利用封闭容器中的反应与成批过程以外，由于效率和其它好处，增加使用了连续反应系统。开放系统的热力学理论是所谓的不可逆热力学（迈克斯纳〔Meixner〕与雷克〔Reik〕，1959年）；这是迈克斯纳、昂赛格〔Onsager〕、普里高津〔Prigogine〕等人使物理理论一般化的重要结果。

即使简单的开放系统也有显著的特征（第5章）。在某些条件下，开放系统达到一种独立于时间的状态，所谓的稳定状态。稳态同真正的平衡保持一段距离，因此可以做功；这是生命系统的情况，与平衡的系统不同。这种系统虽有连续的不可逆过程、有输人输出、组成与分解，但它的构成是不变的。稳态有突出的调节特性，这点在同结果性方面特别明显。开放系统一旦到达稳定状态，就与初始条件无关，只由系统参数即由反应率与运输率决定。这种所谓的同结果性在许多生物过程中都能找到，例如生长（图6.1）。与封闭的物理化学系统不同，初始条件虽不相同，最终状态经过扰乱仍旧达到相同。另外，化学平衡状态独立于使过程加速的催化剂。不同的是，稳态取决于催化剂与反应常数。在开放系统中可能出现生长过头与假长（图6.2），此时系统进行的

方向正好与最终达到稳态的方向相反。反过来，生理学中常见的生长过头与假长观象正好说明这是开放系统中的过程。

从热力学的现点看，开放系统可以使自己保持较小的统计概

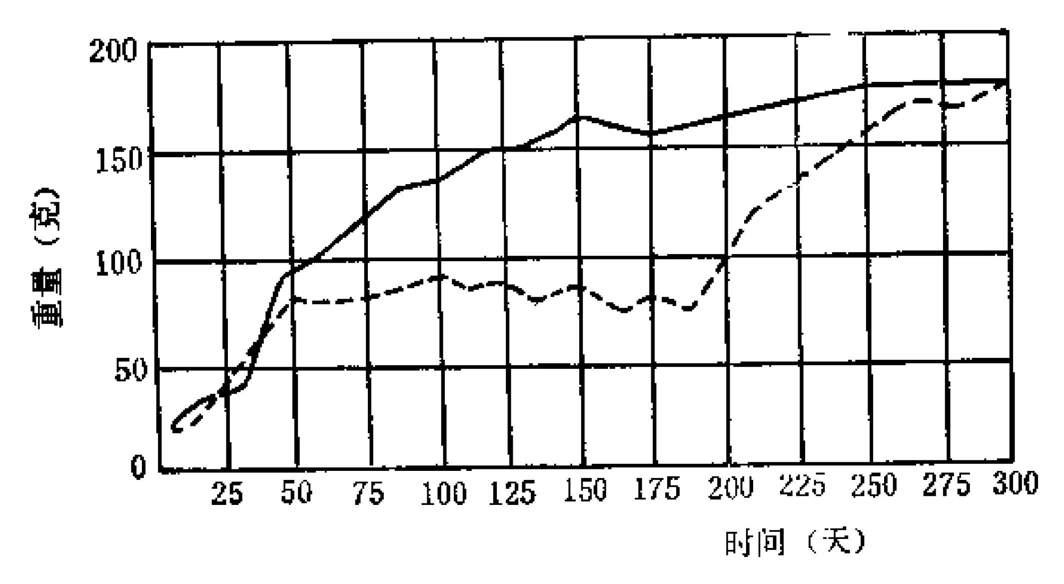


图6.1 生长的同结果性。粗线：老鼠的正常生长。虚线：到第50天，因维生素不足停止生长。重新正常培育后达到正常的最终重量。（依何勃[Höber]，见贝塔兰菲，1960年b）。

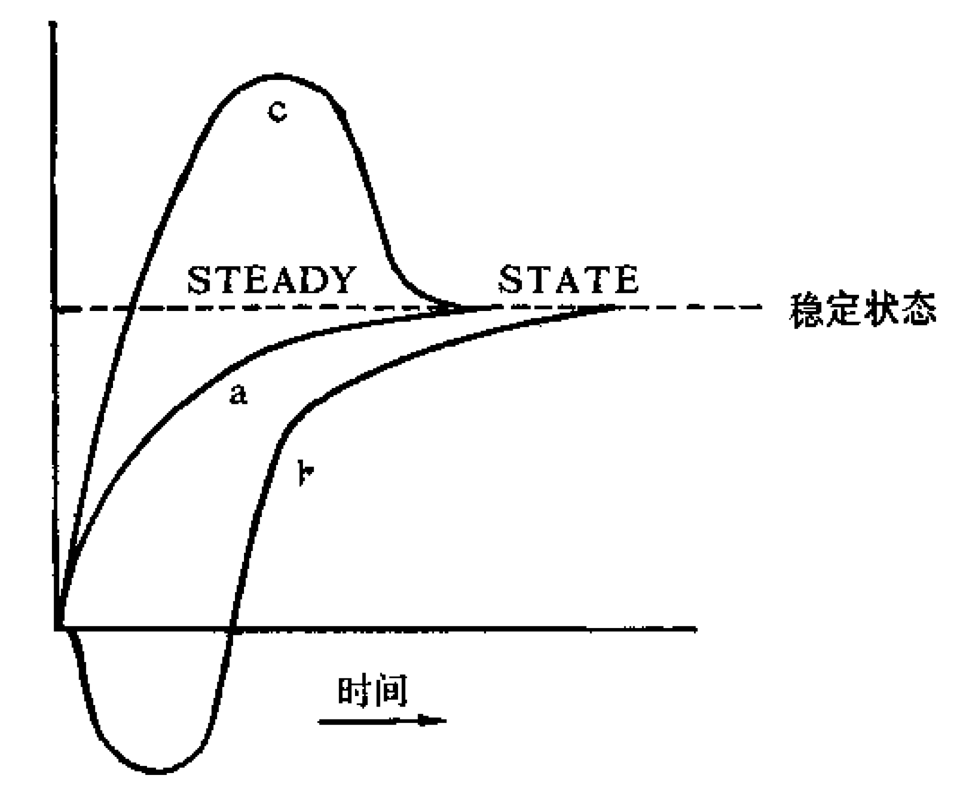


图6.2 开放系统逐渐达到定态(a)，假长(b)，生长过头(c)。示意图。

率的、有序的与有组织的状态。

按热力学第二定律，物理过程的一般趋势是不断增加熵，即概率增加而秩序降低。生命系统使自己保持在高度有序与低概率的状态，甚至可能象生物发展与进化那样向更加分化与有组织的方向进化。理由已在普里高津的扩展熵函数中给出。在封闭系统中，熵通常是按克劳歇斯（Clausius）方程增加的：

$$dS \geq 0 \tag{6.1}$$

开放系统相反，熵的总变化可按普里高津的办法写成：

$$dS = d_eS + d_iS, \tag{6.2}$$

deS表示熵因输入而起的变化，diS是熵因系统中不可逆过程而产生的部分（如化学反应、扩散、热的传递，等过程）。依第二定律diS项通常是正的；deS即熵的传递可正可负，例如输入作为自由能量潜在载体的物质或“负熵”时即为负。这一点正是生物系统负熵趋势的基础，也是薛定谔所说“生物吃负熵”的基础。

逼近生物学问题的更复杂的开放系统模型已有勃尔顿（Burton）、拉歇夫斯基（Rashevsky）、希尔隆（Hearon）、雷纳尔（Reiner）、邓拜（Denbigh）等人研究分析过。最近几年大量联立方程（往往是非线性的）集的求解（例如富兰克斯〔Franks〕，1967年；海斯〔B.Hess〕等）和生理学问题的复杂开放系统过程的模拟（例如泽勃斯特〔Zerbst〕等人，1963年）都广泛使用了电子计算机。对于象工业系统以及细胞中许多明显的过程，这一类反应不是在同质空间发生而是在反应物可部分渗透的分系统中发生的情况，间隔理论（雷西格诺与西格利〔Segre〕，1967年；洛克尔〔Locker〕，1966年b）提供了精巧的方法。

可以看出，同普通的封闭系统相比，开放系统的特征是与普通物理定律有矛盾的，而且往往被当成生命的活力论的特征。亦即解释违犯物理定律时，必须在有机事件中引入类似灵魂或生命原理因素。生物调节的同结果性就是如此。例如，正常的卵、分割的卵、由两个合成的卵都可以产生相同的“目标”即一个正常的生物。实际按德莱斯奇（Driesch）的标准这是对活力论的最重要

的"证明"。同样，发育与进化中的负熵倾向和物理自然界中的增熵与无序倾向这两者之间的表观矛盾也是常被引作活力论的根据的。物理理论扩展并推广到开放系统之后，表观的矛盾就消失了。

生物学中的开放系统

开放系统模型适用于生物学的许多问题和领域（比埃尔〔Beier〕，1962年，1965年；洛克尔〔Locker〕等人，1964年，1966年a）。几年以前曾经综述过开放系统的生物物理学，包括理论基础与应用（贝塔兰菲，1953年a）。现在的综述只谈若干典型的例子。

首先要谈的是歌德的死亡和生存、不断的衰变与再生、生物各级组织的动态结构（表6.1～6.3）这个很大的领域。一般可以认为再生的周转率比预想的要大得多。大家肯定会感到奇怪的，例如：

表 6.1　细胞代谢格中间体的周转率

（据海斯，1963年）

结构	物种	器官	周转时间(秒)*
线粒体	小家鼠	肝	1.3×10^6
血红蛋白	人	红血球	1.5×10^7
醛缩酶	兔	肌肉	1.7×10^6
拟胆碱酯酶	人	血清	1.2×10^6
胆固醇	人	血清	9.5×10^3
纤维蛋白原	人	血清	4.8×10^4
葡萄糖	大家鼠	全身	4.4×10^2
蛋氨酸	人	全身	2.2×10^3
三磷酸腺苷糖酵解作用	人	红血球	1.6×10^2
三磷酸腺苷糖酵解作用＋呼吸	人	血小板	5.8×10^2
三磷酸腺苷糖酵解作用＋呼吸	小家鼠	腹水癌	4.0×10^1
柠檬酸盐循环中间体	大家鼠	肾	1－10
糖酵解作用中间体	小家鼠	腹水瘤	0.1－8.5
黄素蛋白还原/黄素蛋白氧化	小家鼠	腹水瘤	1.6×10^{-2}
Fe^{2+}/Fe^{3+}—细胞色素a	蚱蜢	翅肌	10^{-2}
Fe^{2+}/Fe^{3+}—细胞色素a3	小家鼠	腹水瘤	1.9×10^{-3}

* 这一列数字中10的指数在原书上印刷不清晰，可能有误——译者。

表 6.2 采用^{15}N标记的甘氨酸测定的蛋白质周转率

(据斯普林逊与雷腾堡1949b)

	周转率(r)
大家鼠：	
全部蛋白质	0.04
肝、血浆与内脏的蛋白质	0.12
其余身体各处	0.033
人：	
全部蛋白质	0.0067
肝与血清的蛋白质	0.0693
肌系与其它器官的蛋白质	0.0044

表 6.3 大家鼠组织的有丝分裂率

(据F.D.贝塔兰菲，1960年)

	有丝分裂日率(%)	周转时间(天)
无有丝分裂的器官		
神经细胞、神经上皮、神经膜、视网膜、肾上腺髓……	0	—
偶然有丝分裂但细胞不更新的器官		
肝实质、肾皮质与髓、大部腺组织尿道、附睾、输精管、肌肉，脉管内皮，软骨、骨	<1	—
细胞更新的器官		
上消化道	7—24	4.3—14.7
大肠与肛	10—23	4.3—10
胃与幽门	11—54	1.9—9.1
小肠	64—79	1.3—1.6
气管与支气管	2—4	26.7—47.6
输尿管与膀胱	1.6—3	33—62.5
表皮	3—5	19.1—34.5
皮脂腺	13	8
角膜	14	6.9
淋巴节	14	6.9
肺泡细胞	15	6.4
精子上皮	—	16

例如对开放系统进行计算的结果表明，人体的蛋白质只要一百天多一点就更新了。细胞和组织基本上也是如此。成年生物的许多组织都保持在稳定状态，细胞不断因脱皮而消失并经过有丝分裂而更新(F.D.贝塔兰菲与劳〔Lau〕,1962年)。运用秋水仙碱抑制有丝分裂的技术，计算一定时间分裂细胞的数目，并用氚化胸苷进行标记，发现有时有惊人的高更新率。在进行这类研究之前，很难想象消化道或呼吸系统里的细胞只有几天的寿命。

研究生物化学中个别新陈代谢反应的过程之后，现在应当来了解作为功能单位的综合的代谢系统（钱斯〔Chance〕等人，1965年)。办法是通过用于开放系统的酶反应的物理化学。澄清了光合成（布拉德莱〔Bradley〕与卡尔文〔Calvin〕，1956年)、呼吸（海斯与钱斯，1959年）和糖酵解等功能的几十种反应复杂的网络的相互关系。还用几百个非线性微分方程的计算机模型研究了糖酵解（B.海斯，1969 年)。从更一般的观点我们开始了解到，除了电子显微镜、光显微镜与肉眼观察到的可见的形态组织之外，还存在一种由反应率与运输率决定的过程的相互作用形成的不可见的组织在防止环境对它的扰乱。

流体动力学（勃尔顿，1939年；加拉伐格利亚等人，1958年；雷西格诺，1960年)，特别是电子模拟提供了不同于生理实验的方法，可以求解原来时间不允许、数学技巧也不够的多变量的问题。在这方面，泽勃斯特（Zerbst，1963年）等人在心频温度适应，感觉细胞的作用潜力（改进霍奇金-赫克斯利〔Hodgkin-Huxley〕反馈理论）等方面取得了重要结果。

另外，必须考虑能量条件。例如，生物中蛋白质的浓度并不对应于化学平衡；维持稳定状态必须消耗能量。热力学的考虑可以估算能量消费和与生物的能量平衡进行比较(舒尔茨〔Schulz〕，1950年；贝塔兰菲，1953年a)。

另一个研究的领域是输入输出的细胞过程、肾功能、等等中的积极运输。这与生物电势有联系。处理时要用不可逆热力学。

在人体方面，开放系统的原型是血液及其保持不变的各种浓

度。新陈代谢与注入的试验物质的浓度与排除都遵从开放系统动力学。在这个基础上进行了有价值的临床试验（道斯特〔Dost〕，1953—1962年）。从广义的角度，药效作用一般是代表药物引入生物开放系统后发生的过程。开放系统模型可以用作药效与剂量效果之间关系的规律的基础（劳维〔Loewe〕，1928年；德勒克雷与库普夫缪勒〔Druckrey 与 Kuepfmüller〕，1949年；沃纳〔G.Werner〕，1947；道斯特，1968年）。

另外，生物对外界刺激有反应。这可以理解为稳定状态的扰乱和后来的重建。因此，威伯-法奇纳（Weber-Fechner）定律等感觉生理学中的定量规律属于开放系统动力学。在正式采用开放系统概念之前很久，海奇特（Hecht，1931年）即以感觉物质的"开放"反应动力学的形式来表述光接受器的理论与现有的规律。

生物学的问题中，最大的一个远远没有严密理论的问题是形态发生，在这个神秘的过程中，一个几乎不能区别的原生质微滴，受精卵，最后转变成多细胞生物的神奇结构。至少可以发展一种作为量的增加的生长理论。这已经成为国际渔业的日常方法（例如比弗顿〔Beverton〕与霍尔特〔Holt〕，1957年）。这个理论通过证明在某些动物群中遇到的各种生长类型由代谢常数决定，而将代谢与生长的生理学综合起来。它使生长的同结果性易于理解：尽管开始的条件不同或者生长过程中断，还能达到物种所特有的最终的大小。至少一部分形态发生是由相对生长实现的（J.赫克斯利，1932年），亦即各个器官有不同的生长率。这是生物中的这些成分为现有资源所进行的竞争的结果——可从开放系统理论推导出来（第7章）。

不仅是细胞、生物、等等可当作开放系统考虑，更高的综合体如生物群落等也行（参看比埃尔，1962年，1965年）。用于某些技术过程的连续细胞培养当中，开放系统模型特别明显（而且实际很重要）（马莱克〔Malek〕，1958年，1964年；布鲁纳〔Bruner〕，1967年）。

以上不多的例子足以简要说明可以应用开放系统模型的领域是很大的。几年前即已指出，生命的基本特征、新陈代谢、生长、发育、自我调节、对刺激的反应、自发活动、等等，最终都可以认为是生物是开放系统的结果。因此开放系统理论是一种能把同一概念下的多种多样异质的现象结合在一起，并且是能够推导出的定量的规律的统一原理。我认为这个预见总的看来是正确的，已经为大量研究所证明。

在这些事实背后我们还可以看到更普遍的规律的轮廓。开放系统理论是一般系统论的一个部分。这个学说涉及的是用于一般系统的原理、不论这些系统的成分性质如何，它们的支配力量是什么。有了一般系统论我们就到达一个境界：不再谈论物理和化学的实体，而是讨论具有完全一般性质的整体。但是，开放系统的某些原理仍然可以成功地在广阔的领域里运用，从生态学（物种之间的竞争与平衡）到人类经济以及其它的社会学领域。

开放系统和控制论

这里要讨论一般系统论与控制论、开放系统与调节机制的关系等重要问题。但本书的要求只需要说明几点即可满足。

开放系统模型的基础是它的成分之间的动态相互作用。控制论模型的基础是反馈循环（图1.1），在此循环中通过信息的反馈来保持需要的值，达成目标，等等。开放系统理论是一般化的动力学与热力学。控制论的基础是反馈与信息。这两种模型在不同的领域都有了成功的应用。但人们必须了解它们的区别与局限。

运用动力学与热力学表述方法的开放系统模型不涉及信息。另一方面，反馈系统在热力学与动力学方面是封闭的；它没有新陈代谢。

在开放系统中，按照热力学原理增加有序性和减少熵是可能的。“信息”量由形式上与负熵相同的表述法确定。但在封闭的反馈机制中信息只能减，不能增，亦即信息只能转变为“噪音”而不

能相反。

开放系统可以“主动地”趋向高度有组织的状态，即随系统条件它可以从低的有序状态到达较高的有序状态。反馈机制可以“反作用地”达到较高组织的状态，视“学习”即向系统反馈的信息而定。

总之，反馈模型主要用于“二级”调节即以广义的结构安排为基础的调节。但由于生物的结构是在新陈代谢与成分的交换中保持的，“初级”调节必定从开放系统的动态进化而来。生物在发展过程中日益“机械化”；因此后来的调节特别适合反馈机制（自动平衡，目标导向的行为，等）。

因此开放系统模型代表一种可以产生新的见解、定量描述与实验证明的有用的工作假设。但我还想讲一些没有解决的重要问题。

未解决的问题

目前我们还没有热力学的准则能够象最大熵确定封闭系统的平衡那样确定开放系统的稳定状态。有一段时间人们认为最小熵的生产即“普里高津定理”提供了这个准则。虽然还有些生物学家（例如，斯图华德〔Stoward〕，1962年）还是这个看法，但应当强调指出，普里高津定理只能在比较有限制的条件下使用，这点普里高津本人很了解。特别是它不能确定化学反应系统的稳态（邓拜，1952年；贝塔兰菲，1953年a，1960年b；福斯特〔Foster〕等，1957年）。最近对一般条件下的最小熵生产定理的概括（格兰斯道夫与普里高津，1964年；普里高津，1965年）包括了动力学的考虑，其结果还在评价之中。

另一个带根本性的未解决的问题来自热力学的基本矛盾。爱丁顿(Eddington)把熵叫做“时间之箭”。事实是由熵函数表示的物理事件的不可逆性为时间给出了方向。没有熵即在全是可逆过程的世界里，过去和未来就没有区别了。但熵函数不是明显地包

含时间。克劳歇斯的封闭系统的古典熵函数，和普里高津的开放系统与不可逆热力学的一般化的函数，都是如此。据我所知，想弥补这个缺陷的只有雷克（1953年）对不可逆热力学的进一步概括，他试图在热力学方程中明显引进时间。

第三个问题是不可逆热力学和信息论的关系。秩序是组织的基础，因而也是生物学最根本的问题。在某种程度上秩序可以用普通鲍尔兹曼（Boltzmann）含义的负熵来测度。舒尔茨(1951年)在研究蛋白链中氨基酸的非随机配置时已经说明了这一点。与偶然配置相对的组织可以由叫做链熵的词来测度。但也还有解决这个问题的不同方法，例如通过信息论中的是或否决策即所谓的"比特"（bits）的测度。大家知道，信息是用形式和负熵一样的词来定义的，这就说明热力学和信息论这两个不同的理论体系之间有对应之处。下一步的工作就是要编一部词典来互译热力学和信息论的语言。显然，广义的不可逆热力学必定可以用在这里，因为只有开放系统在保持与建立秩序时是不与基本的熵原理矛盾的。

俄国生物物理学家特林契尔（Trincher，1965年）得出结论说，状态函数，熵，是不能用于生命系统的；他将物理学的熵原理和生物学的"适应与进化原理"进行对比，后者说明信息增加。这里我们应当考虑到熵原理在鲍尔兹曼推导、在统计力学和在象随机过程中必定有的向概率更大的分布过渡之中都有物理学基础；当前，物理学还不能说明特林契尔的表象学原理。

这是一个我认为是当前的生物学教义的"毯子下掩藏着"的根本问题。今天的综合的进化论认为进化是随机突变的结果，按一个著名比喻（比德尔[Beadle]，1963年）的说法是复制遗传编码时"打字错误"的结果，它的方向由选择决定，即在现有外界条件下生产最多后代的种群或基因型能够生存。同样，生命的起源也被说成是原始海洋中有机化合物（氨基酸、核酸、酶、三磷酸腺苷、等）的偶然出现，它们在选择的作用下形成了能繁殖的单位、类似病毒的形式、原生物、细胞、等等。

应当指出与此不同的是，选择、竞争和“适者生存”已经预先假定了自我维持的系统的存在；因此它们不可能是选择的结果。目前还没有物理定律规定在有机化合物的“汤”里，形成自我维持处于概率最小的状态的开放系统。而且即使把这类系统作为“已知的”，物理学中也没有定律能够说明它们整体的进化是沿着增加组织即减少概率的方向。在这方面，选择有最多后代的基因型也不能说明问题。很难理解，为什么由于不同的繁殖率，进化会超越兔、鲱、甚至细菌这些繁殖率无敌的生物。只有在某种“组织力量”进入之后，物理上才有可能产生较高秩序（概率较小）的局部条件；这是晶体形成的情况，这里的“组织力量”由价、晶格力、等表示。但这种组织力在染色体组被认为是“打字错误”的累积时就明显地被否定了。

进一步的研究可能必须考虑不可逆热力学、遗传编码中信息的积累以及其中的“组织规律”。目前遗传编码代表遗传物质的“语汇”，亦即“拚出”生物蛋白质氨基酸的核苷酸三连体。显然遗传编码也必定有语法；这种语法不可能是字的杂拌（用精神病学的说法），即随机组成的无关的字的系列（蛋白质分子中的核苷酸三连体和对应的氨基酸）。没有“语法”遗传编码顶多只能产生一堆蛋白质，不可能产生一个有组织的生物。遗传调节的某些经验表明存在这种遗传基质的组织；在宏观进化规律中也必须研究它们的影响（贝塔兰菲，1949年a；兰契〔Rensch〕，1961年）。因此我认为目前普遍接受的“综合进化论”顶多只是部分的真理。而不是完善的理论。在开放系统理论及其当前的边界问题中，除了要进一步作生物学的研究，也必须考虑物理学。

结　论

业已证明，将生物作为开放系统考虑的模型对大量生命现象的说明与数学表述是有用的；作为科学的实用假设，它还会引出新的问题，有些是带根本性的。这说明它不仅在科学上而且在

超科学上”是重要的。迄今占统治地位的机械论的自然概念强调将事件分解为线性因果链；世界是随机事件结果的概念，以及物理学的与达尔文主义的“掷骰子”（爱因斯坦）；生物过程还原为从无生命自然界获知的规律。与此相反，在开放系统理论（以及它在一般系统论中的进一步一般化）中，多变量相互作用原理（例如，反应动力学、不可逆热力学中的流量与力）变得明显起来，过程的动态组织和物理规律的可能扩展都进入生物学的研究范围。因此，这些发展形成了对科学世界观的新的表述的一个部分。

7、生物学系统理论的若干方面

在这次关于新陈代谢的数量生物学的讨论会开始时，发言者的任务似乎应该是概述这方面的概念结构，说明它的主导思想、理论，或者我们喜欢说的概念构想或所用的模型。

比较普遍的看法是，在“观察到的事实”与“纯粹的理论”之间存在根本的差别。前者是科学的不容置疑的岩底，应当尽量多多收集并在科学杂志上刊登；后者则是思维的结果，而且多少有点疑问。我认为我应当强调的第一点是不存在这种对立。事实上，你哪怕是采用生物学上的一个看来很简单的数据——例如要测定Q_{O_2}，基础代谢率或温度系数都要花好几小时去弄清大量的理论前提，才能够形成这些概念、考虑适当的试验方案、创造完成这件工作的机器，而这些前提又全部包含在你认为的原始的观察数据之中。如果你得到了一系列的数值，你能做的最属于“经验性”的事莫过于用一个均值与标准离差的表来表示这些数值。而做到这一点的前提是二项式分布模型——而且还要有整个的概率论，这一数学、哲学乃至形而上学的深奥的、基本上还没有解决的问题。如果你的运气好，你的数据可以用简单形式描画出来——搞成一张直线图。但只要考虑甚至简单的细胞就有难以想象的复杂过程，下列现象简直就是奇迹了：可能有的最简单的模型即两个变量之间的线性方程——实际上适用于相当多的场合。

因此，甚至看来未曾作伪的观察到的事实也已经和各种概念图象、模型概念、理论或者你选择的表示方式混杂在一起。选择所考虑的并非是否停留在数据方面还是加以理论化；选择只不过是在模型之间，它们的抽象程度有多有少，一般化的程度有高有

低，离直接观察有远有近，适合表现观察现象的程度有大有小。

另一方面，人们也不必太认真对待科学模型。伟大的美国人类学家克劳伯（Kroeber, 1952年）有一次发表对妇女服装的学术研究。大家知道，有时候裙子不断加长，一直长到妨碍妇女走路；然后又逐渐变短，一直到另一个极端。定量分析使克劳伯发现了女裙长度的长期趋势和短期波动。这是个很好的小小的自然规律；但对了解自然的最终实际用处不大。我相信，一定程度的学术谦虚，少一点教条主义，富有幽默感将大大有助于解决有关科学理论与模型的激烈争论。

我正是按这个思路来讨论数量代谢学方面带根本性的四个模型。我选择的四个模是：生物作为开放系统和稳定状态的模型，自动平衡模型，异速生长模型，以及所谓的贝塔兰菲生长模型。这并不是说这几种模型在我们的学科里最重要；不过它们用得比较普遍，而且在说明概念结构方面不亚于其它模型。

开放系统和稳定状态

现代有关新陈代谢和生长的研究都把生物及其组成部分作为所谓的开放系统来考虑；亦即，该系统通过与环境连续交换物质来维持自身(图7.1)*。重要的一点是开放系统不受普通物理化学的动力学与热力学这两个主要分支的原理的限制。换句话说，普通的动力学与热力学不适用于生物的许多过程；对于生物物理学即在生物上应用的物理学，必须扩充理论。

活的细胞和生物并不是一种静止结构或者由多少比较持久的“建筑材料”组成的类似机器的结构（“建筑材料”中来自营养物质的“产生能量的物质”分解后为生命过程提供需要的能量）。这是一个连续的过程，其中所谓的建筑材料和产生能量的物质都分解而又再生。但这种衰变与合成的连续过程是有调节的，所以

* 原书面7.1印刷模糊，无法复制—译注

细胞与生物能够在所谓的稳态中保持近似的恒定。这是生命系统的一个根本的神奇之处；其它特征如新陈代谢、生长、发育、自我调节、繁殖、刺激-反应、自主活动等等最终都是这个基本事实的结果。生物是“开放系统”现在已经被认为是生命系统的最根本的准则，至少德国的科学界是如此(例如，贝塔兰菲，1942年；齐格尔〔Zeiger〕，1955年；布提南特〔Butenandt〕，1955年，1959年)。

在往下讲之前，我想向德国的同行致歉，因为我讨论他们熟悉的、我本人经常讲的东西。正如道斯特（Dost）在最近的一篇文章（1962年a）中所说的，“我们的儿子在医科大学预科的实验中已经考虑到这件事””即用动力学与热力学表述的开放系统理论。只举两个例子：布拉修斯(Blasius,1962年)在经典的兰道斯-罗斯曼教科书的新版中，奈特(Netter)在他不朽的理论生物化学(1959年)中，都叙述这个课题。遗憾的是美国的生物物理学与生理学没有这样做。重要的美国课本中甚至找不到这样的术语：“开放系统”、“稳定状态”、“不可逆热力学”。就是说，他们一般忽视或回避了恰好从根本上区别生命系统和普通无机系统的准则。

把生物看成同环境交换物质的开放系统引起两个问题：首先是它们的静态，亦即系统维持在独立于时间的状态中；其次是它们的动态，亦即系统随时间的变化。问题可以从动力学和热力学的观点来考虑。

开放系统理论在文献里有详细的讨论（贝塔兰菲1953年a与1960年b中有全面的书目）。所以下面只简要介绍开放系统的若干明显的特点。一项根本的区别是封闭系统最终必然达到独立于时间的化学与热力学平衡的状态；而开放系统相反，它们在一定条件下可能达到一种独立于时间的状态——20年前我把它叫做稳定状态。在稳定状态下，尽管不断有成分的交换，系统的组成是不变的。稳态有同结果性（图6.1）；亦即同一种独立于时间的状态，它的初始条件可能不同，达到最终状态的方式也不同——普通物理系统与此相反，平衡状态由初始条件决定。因此甚至最简单的

开放式反应系统都有决定生物复原、再生等等的特征。另外，按定义古典热力学只是涉及不同外界交换物质的封闭系统。为了处理开放系统，必须用经过扩充与一般化的不可逆热力学。它的成果之一是阐明了一个古老的活力论难题。根据热力学第二定律，物理事件的一般方向是趋向最大熵、概率与分子无序、现有差别被平整的状态。生物与第二定律正好相反（亚当斯〔Adams〕，1920年），它们在奇妙的概率小的状态中维持自身，在连续的不可逆过程中保持自己的秩序，甚至在胚胎发育与进化之中走向更高级的分化。考虑到按定义古典第二定律只解决封闭系统的问题，这个表面的谜就揭晓了。对于摄入富于高能量的物质的开放系统，维持高度有序而且甚至趋向更高的秩序，是热力学许可的。

生物的维持是通过成分的快慢不等的交换、退化与再生、组成代谢与分解代谢。生物是开放系统的递阶秩序。事实上，一定层次的所谓持久的结构都是靠下一较低层次的成分不断交换来维持的。就是说，多细胞生物在细胞的交换之中并从而维持自己，细胞在细胞结构的交换中维持，细胞结构又在组成的化学成分的交换中维持，等等。一般规则是考察的成分越小，周转率越快（表6.1—3)。这点很好地说明了生物是在海克利斯流之中并从而得以维持。

这是开放系统的静态情况。如果研究开放系统随时间的变化，也会发现很显著的特征。发生这种变化的原因可能是生物开始时处于不稳定的状态而趋向稳定状态；粗略说来，生长与发育便是这种现象。或者另一种情况，外界条件变化即所谓刺激可能扰乱稳定状态；这包括适应与刺激-反应——还是用粗略的说法。这里也有与封闭系统很不同的特点。封闭系统一般是渐近地趋向平衡状态。相反，开放系统中可能出现假长与生长过头（图6.2)。换一种用语就是，如果象许多生理现象一样，发生了假长或生长过头，我们可以认为这是具有可预见的数学特征的开放系统中的一个过程。

最近的研究表明（第6章），生物作为开放系统的理论是一个蓬勃发展的领域。考虑生物学的稳态的基本性质，这是必然的。

举上面的例子是因为在熊海默（Schönheimer，1947年）及其小组用同位素示踪研究"身体成分动态"之后，美国生物学奇怪地忽略了这个领域，他们在控制论概念的影响下，又回到了细胞与生物是机器的概念、从而忽视了开放系统理论提供的重要原理。

反馈与自动平衡

美国学派比较熟悉的是与开放系统不同的另一种模型结构。那是反馈调节的概念，在控制论中是基本概念，坎农（Cannon）的自动平衡概念对此作了生物学的表述（例如，维纳1948年；瓦格纳〔Wagner〕，1954年；密特尔斯太特〔Mittelstaedt〕，1954年，1956年；克门特〔Kment〕，1957年）。这里只能简单介绍。

大家都知道，基本模型是一个循环的过程，一部分输出作为监测反应的初步结果的信息返回输入（图7.2a），从而使系统能够自我调节；不论是指保持某些变量或者引导到想望的目标。例如，属于前者的有简单的恒温器和生物维持固定温度与其它参数；属于后者的是自动驾驶的导弹和自发运动的内体感受控制。技术和生理上的更复杂的反馈装置（例如图7.2b）都是这种基本型式的变体或综合。

生理学的所有领域都有反馈方式的调节现象。另外，这个概念在控制工程和自动装置很兴旺，计算机、伺服机构等等是兴趣中心的时代很有吸引力，同时"作为伺服机构的生物"的模型很受机械化社会的时代精神欢迎。因此反馈概念有时达到了垄断的程度，盖过了其它同样重要与有用的观点：反馈模型与一般的"系统理论"看成相等（格罗丁〔Grodin〕,1963年；琼斯〔Jones〕与格雷〔Gray〕,1963年，凯西〔Casey〕，1962年），或者"生物物理学"差不多与"计算机设计和信息论"等同起来（厄沙塞〔Elsasser〕，1958年）。因此有必要强调反馈系统与"自动平衡"控制是一种重要但特殊的自我调节系统和适应现象（参看第6章）。以下各点显然是反馈控制系统的重要准则：

（1）调节以预先设定的安排（广义的“结构”）为基础。这一点德文术语Regelmechanismen（调节机械）可以充分表达清楚，说明所研究的系统具有“机械”的性质——与“动态”性质的调节不同，那是由成分之间相互作用与力的相互作用产生，同时趋向平衡或稳态的。

（2）反馈系统中的因果链是线性的、单向的。基本的反馈型式（图7.2）依然是古典的刺激-反应（S-R）型式，只是加了一个反馈环路，因而变成循环的因果关系。

（3）典型的反馈或自动平衡现象对进来的信息是“开放的”，但对物质与能量是“封闭的”。因此信息论的概念（特别是负熵与信息的等价）符合“封闭的”热力学（静热力学）而不符合开放系统的不可逆的热力学。但如果系统（象生物）是“自我组织的”（富尔斯特〔Foerster〕与佐泼夫〔Zopf〕，1962年），也就是趋向较高级的分化，后者是先决条件。前面说过，还没有综合的办法。控制论的图式通过方框图说明了生理学中许多重要的自我调节现象并且可以进行信息-理论的分析。开放系统的图式可以进行动力学与热力学的分析。

比较反馈的流程图（图7.2）与开放系统（图7.1）的流程图从直观上即可看出差别。足见开放系统的动态和反馈机械是两种不同的模型概念，适用于不同的领域。开放系统模型根本上是非机械论的，不但超出了普通的热力学，而且超出了普通物理理论的单向因果关系（参考第4章）。控制论方法保持了笛卡儿的生物的机器模型、单向因果关系与封闭系统；它的创新表现在引入了超过普通物理学的概念，特别是信息论概念。这两者最终都是古老的“过程”与“结构”的对立的现代表现；最后必然要用某些新的综合来辩证地解决。

从生理学上讲，反馈模型能说明新陈代谢与其它领域的所谓“二级调节”，即通过预先设定的机械和固定途径的调节，例如神经激素的控制。它的机械特性使它特别适用于器官与器官系统的生理学。另一方面，开放系统中反应的动态相互作用适用于细

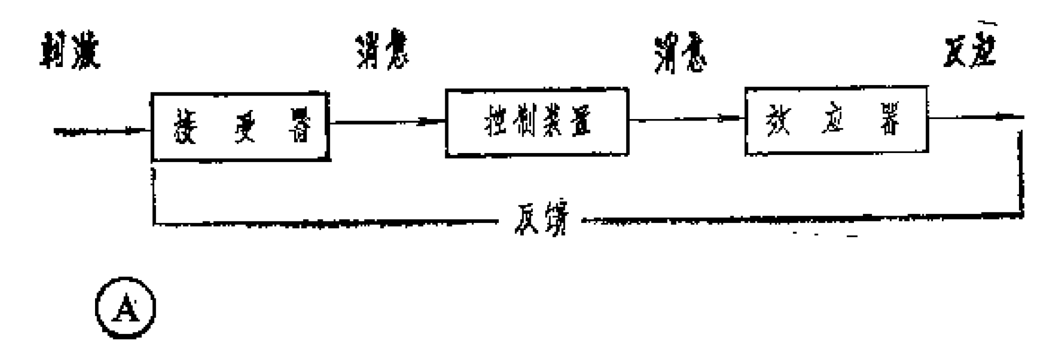


图7.2 · a：简单反馈模型。b：血糖水平的自动平衡调节。
（据密特尔斯太特，1954年）

胞代谢等的“初级调节”（参看海斯〔Hess〕与钱斯〔Chance〕，1959年），这里有更为一般、原始的开放系统的调节。

比速生长与面积律

现在来看叫做比速生长的第三种模型。大家知道，新陈代谢、生物化学、形态发生、进化等许多现象都遵循一个简单的方程：

$$y = bx^{\alpha}, \qquad (7.1)$$

亦即，如果变量y同另一变量x的关系用对数表示，即出现一条直线。这个方程适用许多场合，例子不必要一一枚举。因此我们现在只看它的基本形式。所谓比速生长方程实际上是相对生长规律的最简单的可能形式。这个术语按广义使用：即，一个变量y相对于另一变量x有所增加。将方程略加改写立即可以看出这一点：

$$\frac{dy}{dt} \cdot \frac{1}{y} : \frac{dx}{dt} \cdot \frac{1}{x} = \text{相对生长率}(y, x) = \alpha。 \qquad (7.2)$$

不难看出，比速生长方程是这个函数的解，说明y与x的相对增加量的比值是常数。如果考虑任何相对生长（只要预先假设是连续的）一般可以用下式表示，比速关系就简单明白了：

$$\text{相对生长率}\ (y, x) = F, \qquad (7.3)$$

F是有关变量的某个未确定的函数。最简单的假设是F为常数α，这就是比速生长原理。

但大家都知道历史上生理学引用比速生长原理时不同于上述推导。当时有一种很特殊的情况，1840年沙卢斯（Sarrus）与拉缪克斯（Rameaux）发现不同体重的动物的新陈代谢率不随体重比例的增大而增加，而是同表面积的比例有关。这是著名的代谢面积律或勒布纳（Rubner）定律的来由，这里有必要重温勒布纳在1880年提供的原始数据（表7.1）。不同重量的狗，如果计算单位重量的代谢率，那是减少的；按单位表面积计算则近似常数，

每天约1000千卡/米²。大家知道，所谓面积律引起了许多争论和文章。其实勒布纳的定律是比速生长函数的很特殊的特例，y代表基础代谢率，x代表体重，指数α代表2/3。

表 7.1 狗的新陈代谢.（据勒布纳 1880年）

重量(公斤)	每公斤产卡	每平方米体表面积产卡
3.1	85.8	1090
6.5	61.2	1073
11.0	57.3	1191
17.7	45.3	1047
19.2	44.6	1141
23.7	40.2	1082
30.4	34.8	894

我认为上面的一般推导证明面积律是对的。我们把它看成是比速生长的特殊情况，而且明确了比速生长方程的真正意义是：它是一个可以用于极其广泛的现象的高度简化的近似公式，但决不是能够说明一切的教义。这样，持续了80年的无休止的讨论就结束了。于是我们可以预计代谢尺度与身体大小之间的一切关系一面积具有一定优势或者是 2/3 次方的函数——考虑许多代谢过程由表面积控制的事实。这正是我们研究的目的（表7.2)。换句话说，2/3不是个神秘数字；最近比古典面积律用得多的3/4次方也不是神圣的东西（布洛迪，1945年；克莱勃〔Kleiber〕，1961年)。甚至代谢率逐渐减少的规律也不合适（李赫曼〔Lehmann〕，1956年)，因为有些代谢过程在体积增大时并不回归。

另外，由此可知正如面积律所估计，代谢率对体积的依存性是不变的。而作为(1)所研究的生物或组织；(2)生理条件；(3)试验因素等的函数，它有可能变化，而且实际是在变化。

对于代谢率随有关生物或组织的变化情况，下面我将就整个新陈代谢举一些例子。不同组织的Q_{O_2}对体积的依存性的差别见图7.3。类似的例子见说明同种与不同种动物的比速生长情况的比较的表7.3。不同生理条件下代谢率随体积的变化可由我们的实验室数据得到证明，这是个很少人研究的重要方面。用比速生长指数 α

表7-2使数量特性同哺乳动物体重相关的方程

（据阿道夫，1949年，有修改）

	回归$\alpha=$		回归$\alpha=$
摄入水(ml/hr)	.88	肌红蛋白重量(g)	1.31
排尿(ml/hr)	.82	细胞色素重量(g)	.62
出尿(ml/hr)	.72	肾数	.62
出菊粉酐(ml/hr)	.77		
出肌酸酐(ml/hr)	.69	肾体直径(cm)	.08
出碘司特(ml/hr)	.89	肾重(g)	.85
出马尿酸盐(ml/hr)	.80	脑重(g)	.70
耗氧，基础的(mlSTP/hr)	.734	心重(g)	.98
心搏持续时间(hr)	.27	肺重(g)	.99
呼吸持续时间(hr)	.28	肝重(g)	.87
换气率(ml/hr)	.74	甲状腺重(g)	80
		肾上腺重(g)	.92
一次呼吸量(ml)	1.01	垂体重(g)	.76
内脏搏动持续时间(hr)	.31	胃与肠重(g)	.94
碳酐总产出量(g/hr)	.735	血重(g)	.99
碳酐内生产出量(g/hr)	.72	面积律：$\alpha=.66$相对于绝对重量	
肌酸碳酐产出量(g/hr)	.90	$(y=bw^{\alpha})$；－.33相对于	
硫产出量(g/hr)	.74		
肝耗氧(mlSTP/hr)	.77	单位重量 $(\frac{y}{w}=bw^{\alpha})$	
血红蛋白重量(g)	.99		

表示的代谢对体积的依存性是变动的，取决于是否测度基础代谢率（B.M.R.）、休息代谢或者肌肉活动时的代谢。图7.4表示大家鼠的这种变动——比较基础与非基础代谢。图7.5是对小家鼠的更广泛的比较，包括了各种程度的肌肉活动。这些数据证实了洛克尔(Locker)的说法（1961年a）：代谢率强度增加时，α趋于减少。对无脊椎动物也可看出回归线斜率的变动——比较禁食与不禁食的动物的代谢率(图7.6)。α随实验条件的变化比通常的数据更值得注意。一般是假设Qo_2是有关组织的固定特征。实际并非如此。参考基准不同时，例如鲜重、干重、氮含量等不同时，即有变化（洛克尔，1961年b）。最简单的证明是介质的变化。每个做实验的人都知道，不仅看是否使用盐或带代谢物的介质，Qo_2的绝

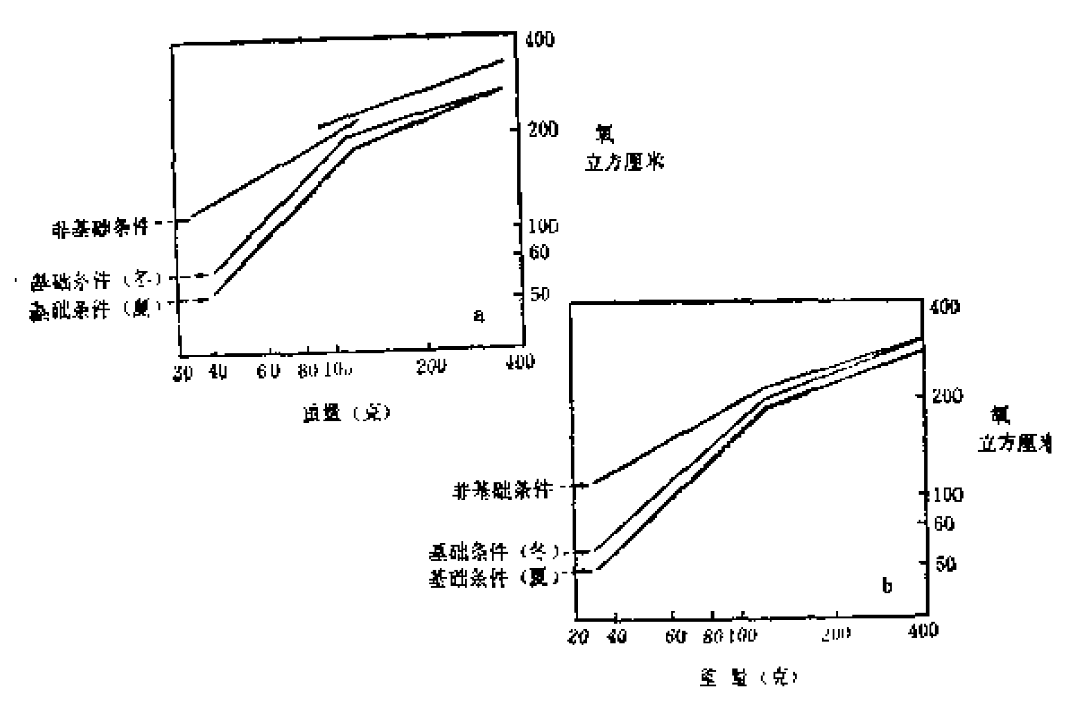


图7.4. 基础条件与非基础条件下大家鼠代谢率对体积的依存性. 实验前动物禁食18小时(小动物略减); 在29°～30°C时测定; 肌肉休息的条件下, 假设体重110克处回归线有断缺, 与许多生理变化一致(参考图7.9). "基础夏季"测定在实验前有15～18小时的热中性适应气候期进行;"基础冬季"无气候适应 "非基础条件"是10小时禁食, 实验前进食45—60分钟. a♂. b♀ (据拉辛与贝塔兰菲的未发表的数据.)

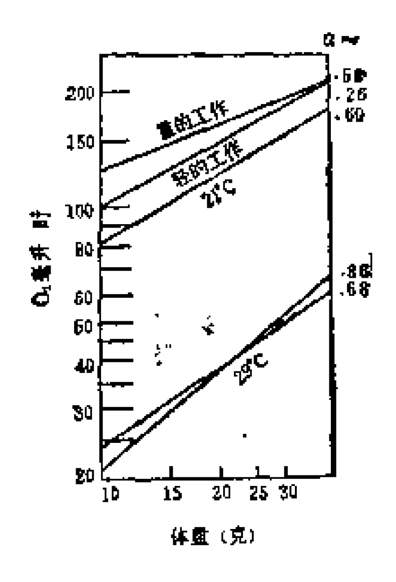


图7.5. 大家鼠代谢率对体积的依存性. 在29°与21°C时测定: 事先禁食并适应气候. 在肌肉活动试验中, 数值很分散的原因可能是进行的工作不能保持稳定. 因此回归线斜率减少的定性陈述得以成立, 但对a的数值不应赋予特别的意义. (据拉辛与贝塔兰菲的未发表的数据.)

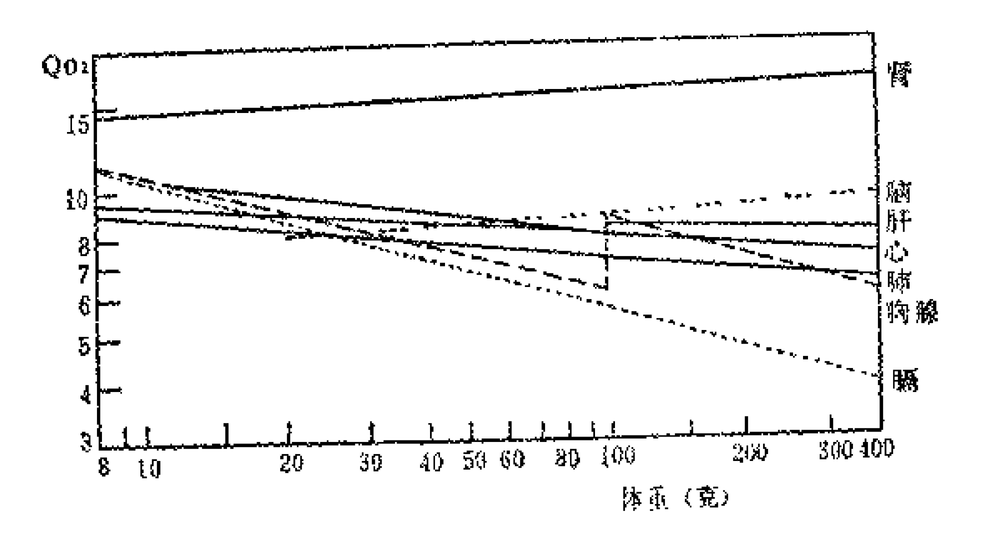


图7.3。大家鼠各种组织的Q_{O_2}($\mu l O_2$/mg干重/hr)。此图与下图只有回归线。完整数据见原文。(据贝塔兰菲与派罗金斯基，1953年)

表 7.3　同种、不同种哺乳动物器官的速比生长(常数 2)

(据贝塔兰菲与派罗金斯基，1952年)

	鼠 贝与派	鼠 布洛迪	猫	狗	猴	牛	马	不同种成年哺乳动物
			不同研究人员					
脑	0.20	0.17		0.25	0.52	0.30	0.24	0.66 0.69
心	0.82	0.80	♂0.92 ♀0.82	1.00 0.86 0.93	0.69	0.93		0.59 0.54 0.83 0.82
肺	0.73	0.75		0.82	0.92		0.58	0.85 0.84 0.98
肝	1.周： 1.26 2.周： 0.67	1.周： 1.14 2.周： 0.68		0.71		0.70	0.81	0.98 0.99 0.87 0.88 0.92
肾	0.80	0.82	♂0.65 ♀0.61	0.70			.69	0.83 0.87 0.78

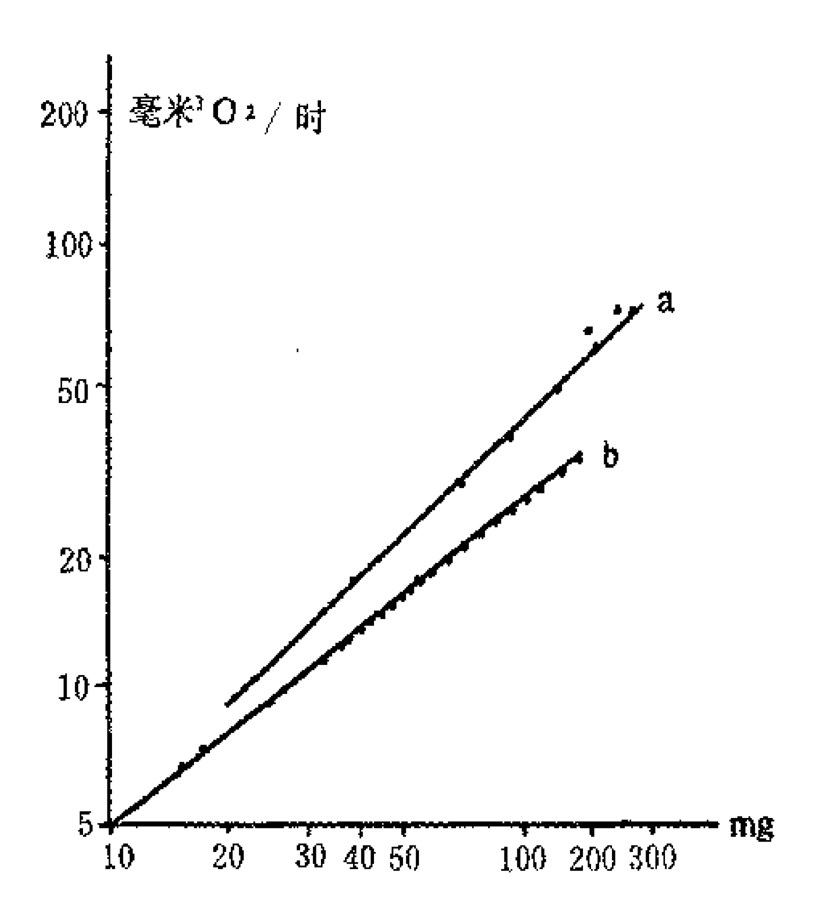


图7.6 大黄粉虫(Tenebrio molifer)幼虫的耗氧量(20°C)。a：幼虫进食；
b：禁食二日。b图组合了缪勒与太西尔的数值。
(据贝塔兰菲与缪勒，1943年。)

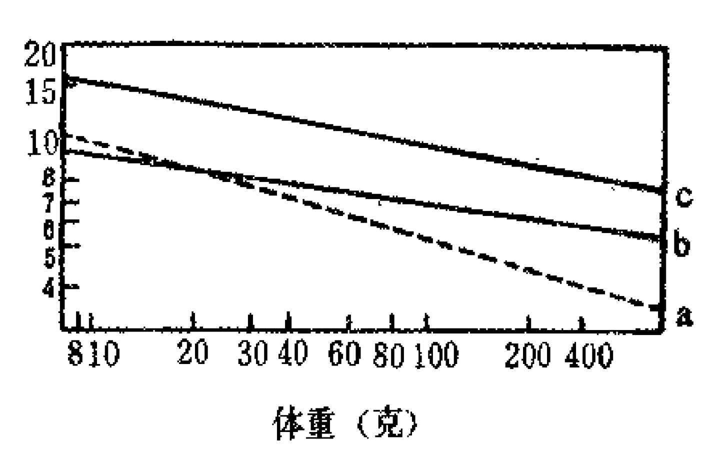


图7.7 不同介质中的膈的Q_{O_2}对体积的依存性。a：克列伯斯-林格磷酸盐溶液；
b：克列伯斯介质Ⅱ，A类带葡萄糖；c：同样的介质，带葡萄糖与代谢物。
(据贝塔兰菲与依斯特威克，1953年。)

对量会有很大变化；而且受体积影响的参数 α 也如此（图 7.7）。如前所述，洛克尔的规则又得到了证明；它的实验证明见图7.4、7.5与7.7，给人印象特别深刻，因为在说明规则之前就已经独立地获得。不同介质的Qo_2的变化说明测度了呼吸的不同的部分过程。

正因为如此，我才怀疑通过所谓累加组织呼吸可以得到新陈陈代谢的总量或基础代谢率（马丁与富尔曼〔Martin and Fuhrmann〕，1955年）。应当累加各个组织的什么QO_2呢？比方说，是林格(Ringer)溶液得到的QO_2还是用高一倍的代谢物得到的？怎样把各组织的不同的 α 加成观察到的整个动物的基础代谢率2/3或3/4？同样，洛克尔也指出，例如QO_2的碳水化合物与脂肪呼吸等的组成过程可能有不同的回归。

在结束这个课题之前还要就原理谈一点。必须承认，比速生长方程顶多是简化的近似。但它也不只是数据绘图的一种方便的办法。尽管是简化了的，数学上也有不足之处，比速生长原理仍是生理过程的相互依存、组织与和谐的表示。只是由于过程是和谐的，生物才得以存活并处在稳定状态。许多过程符合简单的比速生长的事实说明这是一个过程和谐的一般规则（阿道夫〔Adolph〕，1949 年）："由于有这许多性质已经被发现可以用一种形式的方程加以关联，看来其它一些性质就不大可能用完全不同的方程来关联。因为如果能够，就与所讨论的性质发生冲突。"

另外，虽然比速生长常数的值有很宽的范围，这决不是偶然的。至少在很大程度上它们取决于生物技术的原理。不用说，在工程中，任何机器如果尺寸有变动，增减，例如小规模的模型要放大为实用的尺寸，比例也应当变化机器才有用。因此不难理解为什么有些比速生长如对身体质量和表面积的依存性在特殊场合才能得到。根舍与葛尔拉（Günther and Guerra，1955年）以及葛尔拉与根舍(1957年)关于生物相似性的研究，鸟翼（缪尼尔〔Meunier〕1951年）、脉冲率（贝塔兰菲，1960年b）、脑重量（贝塔兰菲与派罗金斯基，1952年）与体积的关系都是比速生长的功能

分析的例子，这些据我看都是值得进一步研究的领域。

动物生长理论

我准备探讨的最后一个模型是生长模型，荣幸地被叫做贝塔兰菲方程（贝塔兰菲，1957年b，1960年b）；基本思想可上溯到伟大的德国生理学家普特（Pütter, 1920年）。这里我也不打算详细介绍，甚至不涉及模型的优缺点；我想用它来说明某些定量的代谢研究的原理。

我们都知道，首先，生长过程是最复杂的；其次市场上有大量公式，都说完全可以表示观察的生长数据与曲线。一般做法是提出某些复杂程度不等、合理程度不等的方程。然后用这些公式计算一批生长曲线，如果经验数据获得足够近似就算满足。

必须消除的第一个错觉是这样的。数学的常识告诉我们，如果允许三个或更多的自由参数，即一个方程包含三个或更多的不能证明的所谓常数，差不多任何曲线都可以逼近。这一点是对的，完全与方程的特定形式无关；所用的最简单的方程是展开到三次项的幂级数（$y=\alpha_0+\alpha_1x+\alpha_2x^2+\cdots\cdots$）。这样的计算仅仅是数学的练习题。允许有更多的项通常能得到较近的逼近。

结果是曲线拟合可能成为室内练习，而且对内推与外推有用。但经验数据的逼近并不是所用的特定数学表示式的证明。能够说是证实以及说是代表某个理论的方程的只能是：(1)结果出现的参数可以由独立的试验证实；(2)如果可以从理论对尚未观察的事实进行预测。在这个意义上我才讨论所谓贝塔兰菲生长方程的，因为就我所知，在这方面只有它们符合上述的标准。

论据很简单。如果一个生物是开放系统、它的增加或生长率（G.R.）一般可以用下列平衡方程表示：

$$\frac{dw}{dt}=\text{G.R.}=\overset{\text{合成}}{\text{Synth.}}-\overset{\text{退化}}{\text{Deg.}}+\cdots\cdots, \qquad (7.4)$$

亦即，重量的增加由它的建筑材料的合成与退化过程的差再加可

以影响该过程的任何数目的未确定因素来表示。在不损失一般性的情况下我们还可以假设这些项是有关变量的某些未定函数：

$$G.R. = f_1(w, t) - f_2(w, t) + \cdots\cdots, \qquad (7.5)$$

现在我们马上可以看出，时间 t 不应当进入方程。因为至少某些生长过程有同结果性，亦即不同时间可能达到相同的最终值（图6.1）。即使不用严格的数学证明，直观也可以看出，如果生长率直接决定于时间，这点就不可能成立；因为如果确有这种情况的话，不同的生长率就不可能象有些场合那样在给定的时间发生。

因此，研究的这几项应当是身体质量的函数：

$$G.R. = f_1(w) - f_2(w), \qquad (7.6)$$

如果我们故意只考虑最简单的开放系统。我们能作的最简单的假设便是，这些项都是身体质量的幂函数。而且我们从经验上完全可以肯定一般生理过程对体积的依存性完全可以用比速生长的表示式来求得近似。这时便有：

$$\frac{dw}{dt} = \eta w^{n} - kw^{m} \qquad (7.7)$$

式中η与k分别为组成代谢与分解代谢的常数，对应于比速生长方程的一般结构。

数学上的考虑还进一步表明指数m离开1的较小偏差对得到的曲线形状影响不大。因此为进一步简化可令$m = 1$。这就使计算更加方便了，而且从生理上讲是对的，因为生理学的经验（确是有限的）似乎说明建筑材料特别是蛋白质的分解代谢大致与身体质量成比例。

现在我们来跨大一步。建筑材料的合成需要能量，这些能量对需氧的动物来说由细胞呼吸过程、最终由ATP（腺甙三磷酸）系统提供。我们假定一个动物的能量代谢和它的组成过程之间是相关的。由于能量代谢必须以这种或那种方式提供身体成分的合成所需的能量，所以这是合理的。因此我们用代谢率的对体积的依存性代入组成代谢的对体积的依存性关系（$n = \alpha$）并得到一个简单的方程：

$$\frac{dw}{dt} = \eta w^{\alpha} - kw。 \quad (7.8)$$

这个方程的解是：

$$w = \left\{ \frac{\eta}{k} - \left(\frac{\eta}{k} - w_0^{(1-\alpha)} \right) e^{-(1-\alpha)kt} \right\} 1/1-\alpha \quad (7.9)$$

w_0是$t=0$时的重量。

我们通过实验知道许多动物休息时的新陈代谢与表面积有关，即，遵循勒布纳规则。这时我们定$\alpha=2/3$。另有一些动物则直接决定于身体质量，此时$\alpha=1$。最后，还有的代谢率在表面积与质量比值之间，即$2/3<\alpha<1$。我们试将由体积决定的代谢率的这些差别叫做“代谢类型”。

现在如果把不同的α值代入我们的基本方程，很容易发现它们会提供很不相同的曲线。我们把它们叫做“生长类型”。这些都已由表7.4概括。图7.8是相应的曲线图，表示代谢行为的差别与

表 7.4 代谢类型与生长类型。w，l：t时间的重量、长度；w_0，l_0：初始的重量、长度；w^*，l^*：最终的重量、长度；η、R：组成代谢与分解代谢的常数（据贝塔兰菲，1942年）

代谢类型	生长类型	生长方程	实例
Ⅰ.呼吸与表面积成比例	(a)线性生长曲线：不用屈折即可得到稳态。 (b)重量长曲线：S形的，须在最终重量的约1/3处屈折方可得到稳态。	$dw/dt=\eta w^{2/3}-XW$ a) $l=l^*-(l^*-l_0)e^{-kt/3}$ b) $w=[\sqrt[3]{w^*}-(\sqrt[3]{w^*}-w_0)e^{-kt/3}]^3$	Lamelli-branchs 鱼、哺乳动物
Ⅱ.呼吸与重量成比例	线性与重量生长曲线，指数的，不能达到稳态，但生长因变态或季节周期而中断	$dw/dt=\eta w-kw=cw$ a) $l=l_0e^{ct/3}$ b) $w=w_0e^{ct}$	昆虫幼虫直翅目，Helilidae
Ⅲ.呼吸在与表面积成比例和与重量成比例之间	(a)线性生长曲线：须屈折才能达到稳态。 (b)重量生长曲线：S形的，与Ⅰ(b)相似。	$dw/dt=\eta w\alpha-xw$； $2/3<n<1$ $dl/dt=\frac{\eta'}{3}$	扁卷螺属

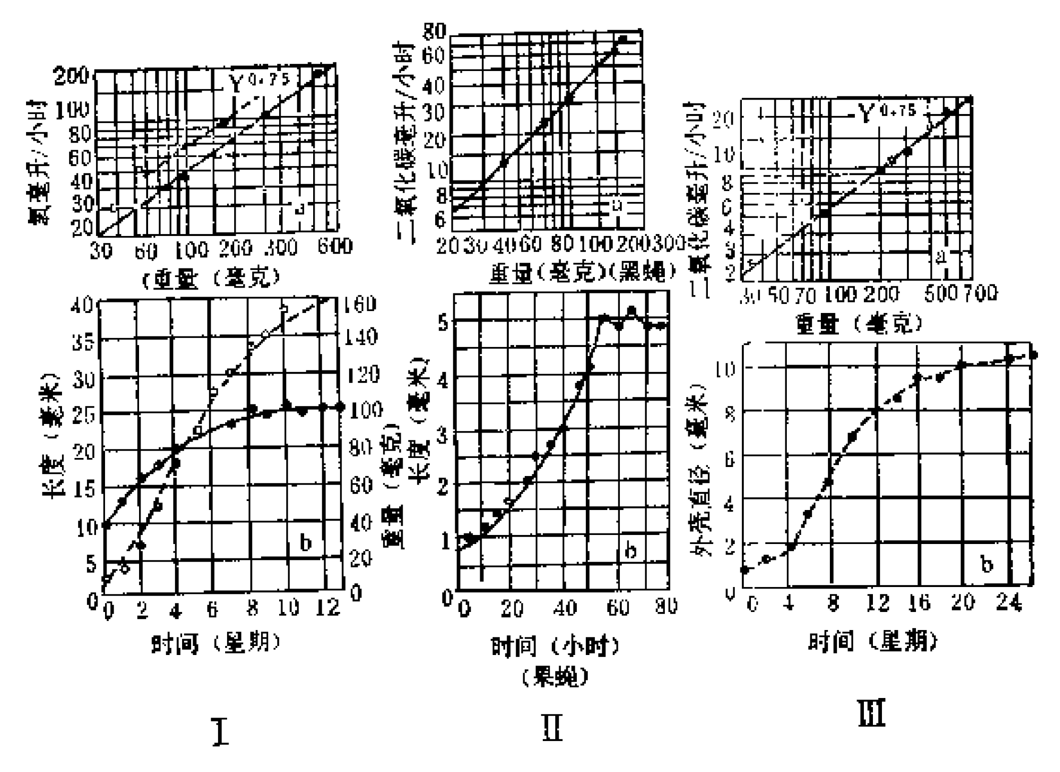


图7.8．代谢类型与生长类型．类型Ⅰ：虹鱼；类型Ⅱ：昆虫幼虫；类型Ⅲ：扁卷螺属．a：代谢率对体积的依存性；b：生长曲线．（据贝塔兰菲，1942年．）

随之而来的生长曲线的差别。关于理论的详细探讨可参看其它书籍。以上推断适用于许多情况；至少可以提出14种以上的论据来证明这种理论（表7.5，图7.9，7.10）。我们这里的讨论仅限于对有关原理的若干看法。

生长方程的所有参数都能通过实验证明。α即代谢率对体积的依存关系确定生长曲线的形状。这个相关关系由许多事实核实了，见表7.4。k即分解代谢常数在第一次逼近时可以等同于全部蛋白质的周转率(r)—通过同位素示踪与其它技术确定下来。例如，计算出大家鼠的生长曲线分解代谢率为0.045/天，人是1.165克蛋白质/公斤体重/天（贝塔兰菲，1938年）。当时所用的蛋白质分解代谢测定值并不符合这些予测：按太洛因（Terroine）的研究，由最少的氮排泄量测定的大家鼠的蛋白质损耗是每天0.00282，对人来说大约是每天每公斤体重0.4～0.6克蛋白质——按当时通行的生理学概念（贝塔兰菲，1942年）。后来用同位素方法

表7.5星鲟的生长

（据贝塔兰菲，1942年）

时间(年)	长度(厘米)		K
	观察	计算	
1	21.1	21.1	0.062
2	32.0	34.3	0.062
3	42.3	41.5	0.061
4	51.4	50.8	0.061
5	60.1	59.5	0.061
6	68.0	67.8	0.060
7	75.3	76.5	0.060
8	82.3	82.8	0.059
9	89.0	89.7	0.059
10	95.3	96.2	0.059
11	101.6	102.3	0.060
12	107.6	108.0	0.059
13	112.7	113.4	0.059
14	117.7	118.5	0.058
15	122.2	122.5	0.059
16	126.5	127.9	0.059
17	130.9	132.2	0.059
18	135.3	136.2	0.060
19	140.2	140.0	0.061
20	145.0	143.5	0.061
21	148.6	146.9	0.061
22	152.0	150.0	

生长方程：$l=201.1-(201.1-21.1)^{-0.061}$，由于生长曲线的规律性，贝塔兰菲方程最适于计算鱼类的生长。在此例中，计算生长常数k（=k/3）的方法类似化学文应中反应常数的计算。这个参数的变化很小，说明方程恰当。

（斯普林逊与列吞堡，1949年，表6.2）测定大家鼠的全部蛋白质每天的周转率(r)是0.04，人是每天每公斤体重1.3克蛋白质，预计的结果与实验结果惊人一致，因此这个理论被证实是正确的。可以顺便指出，人体的周转时间可用各种不同方法得到与同位素实验的结果类似（$r\approx0.009$，$t\approx110$天）的估计——例如根据饥饿时热量损失卡数（$t=100$天；道斯特，1962年a）。η 即组成代谢的常数在维数上比较复杂。但可以比较有关的生物的生长曲

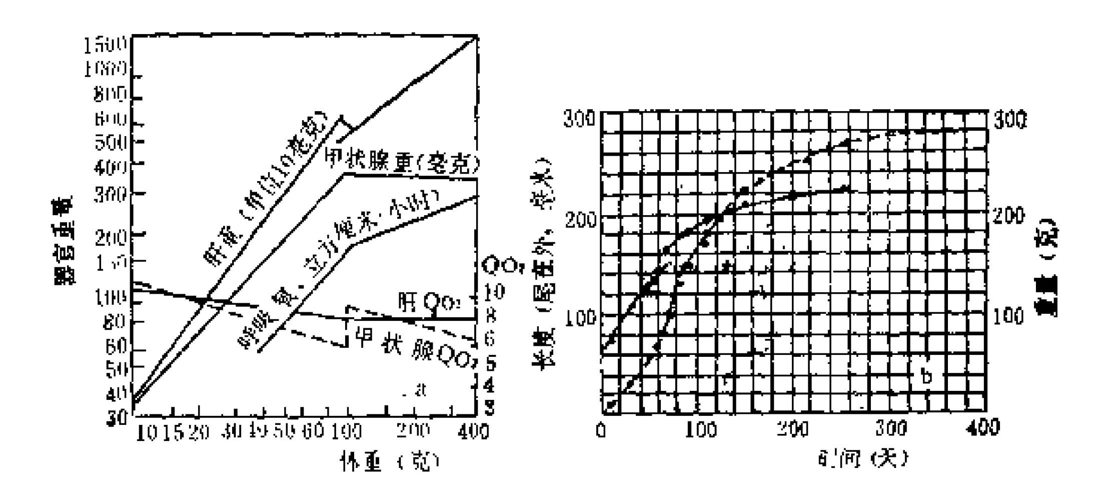


图7.9。大白鼠生长的计算。在约100克体重时大家鼠的许多生理过程不连续，即，发育期前(a)不连续。这种"周期"也出现在代谢中(图7.4)。100克以下动物代谢率增加较多，大于此体积时比面积律少增加许多。但就全部重量范围计算回归时，平均数约为2/3。因此计算生长曲线时(1)在100克左右时两个"周期"分离，(2)在第一次逼近时，可用"类型I"的方程即 $a\simeq 2/3$ 计算大家鼠的生长。在生理测定(b)之前计算的生长数据证明这两种预计。对第二个周期即发育期之后，分解代谢常数(k)为k计算值≃0.045/天根接近由同位素示踪确定的蛋白质周转率($r=0.04$/天)。(按贝塔兰菲，1960年b。)

线来检查：根据理论，代谢率的比值应当符合有关动物的 η 的比值。这也证实了（图7.10）。

因此，理论满足上述的第一个假设，亦即在独立的实验中证实计算的参数。和其它地方一样，第二个假设也是满足的：从理论进行预测使人感到"惊奇"，即在当时不了解，后来被证实。

有必要讨论几个典型的反对意见，因为这样有助于了解一般的数学模型。

(1) 反对生理现象的模型与定律的主要理由是"过分简单"。在动物生长之类的过程中，在细胞这一层次即有无数化学与物理过程的微观世界：中间代谢的全部反应以及细胞渗透性、扩散、主动运输等无数的因素。在器官这一层次，每个组织在细胞更新与生长上有不同的行为；在细胞的增殖之外，还有细胞间物质的形成。整个生物的组成有变化，包括蛋白质内容的变化、脂肪的积累或水分的简单摄入；器官的比重有变化，更不用说目前还不能进行数学表述的形态发生与分化了。简单的模型与公式难道不

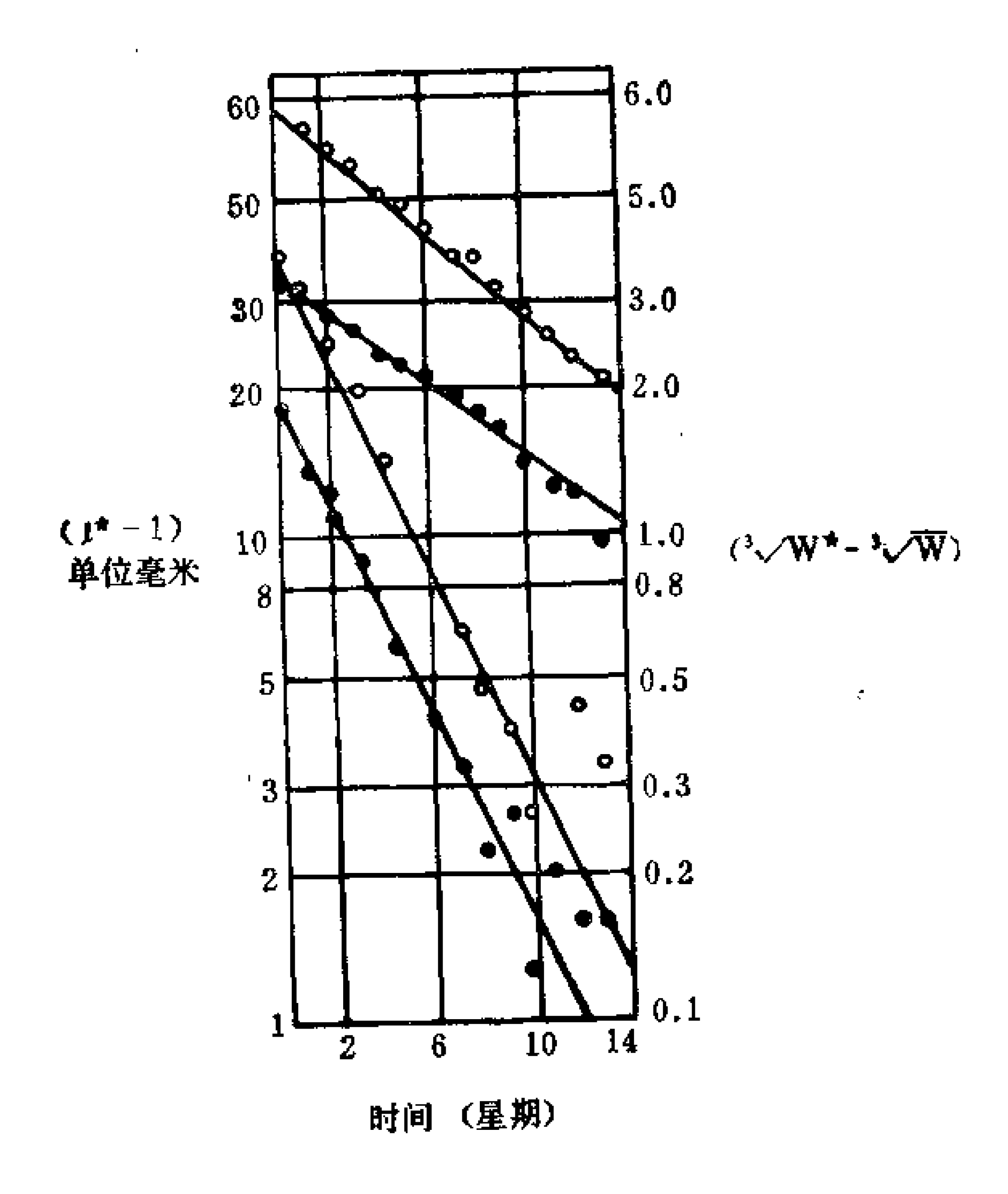


图7.10。网状红鳉的生长。上面的线：♂。下面的线：♀。o是重量。是长度。对疍稗鱼来说，雌与雄的生长有相当差别，雌鱼是雄鱼体重的几倍。数据按对数依方程7.8的积分绘图：紧密拟合说明生长曲线再现得很准确。这样得到的生长方程雌雄的组成代谢常数π的比为1:1.5。据理论，雌雄的代谢率应是同样的1:1.5和实际求出的一致(图7.8Ⅰ)。(据贝塔兰菲，1938年，1960年b.)

是霸道的东西，强将观实纳人模型，削足适履？回答是，一般来说科学在所用的模型方面包含很大程度的过分简化。这些是每一个科学定律与模型中发生的理想化的一个方面。伽利略的一个学生托利赛里就已经直率地说过，如果石头与金属等的球不服从定律，它们就糟了。玻尔(Bohr)的原子模型就是迄今能设想的最任意简化的模型之一——但仍然是现代物理学的一块基石。过分简化随后又在后来的发展中不断修正是从概念上把握自然的强有力的或者确是唯一手段。对于我们这个特定情况谈过分简化不很确当。应该说是适用于许多复杂而且有一部分未知的过程的平衡方程。这种平衡表示式的合理性以日常的实践为基础。例如，我们找到B.M.R.——以及事实上我们能确立"面积律"之类的定量关系——那就是理论上、实践上都很重要的平衡（例如B.M.R.的诊断使用）。这样观察得到的规律性不能用过分简化的"一般考虑"来否定，只能通过实验和提出更好的解释。不难把生长模型弄成表面上比较符合实际同时提高数据的拟合优度，只需要多用几个参数。但好处却是假的，因为这些参数不能由实验检验；同时根据上述理由，如果"自由常数"有所增加，数据拟合更贴切一些，仍旧不算是特定公式的优点。

(2) 另一个问题是参数的选择。上面说过，基础条件与非基础条件下的代谢率不仅数量有变化，而且同反映它同体积的关系的比速生长有关。为什么可以将"休息时的新陈代谢"作为标准并从而将各种动物列出"代谢"与"生长类型"呢？答案是可用的代谢尺度（都不理想）当中，休息代谢最接近生长过程中的自然条件。B.M.R. 标准（环境的热中和性、禁食、肌肉休息）使这样测定的值成为实验室的人工制品，因为至少第一个条件不是自然的；虽然它最有用，因为B.M.R.值表现了最少的离差。在冷血动物中，B.M.R. 不能用作标准，因为没有热中和性条件，禁食也不可能精确实现。另一方面，活动时的代谢随肌肉活动量变化（图7,4），而动物生长时不会老是有较重的肌肉活动。因此休息代谢率相对而言是最接近自然状态的；选择这个参数会得到

有用的理论。

（3）从以上讨论，已弄清最主要的批评意见。那就是所谓的代谢类型与生长类型以及两者之间的关系。但前面已经强调，有关的参数，特别是用指数 α 表示的代谢率同体积的关系是可以随实验条件变化的（图7.4～7.7）。同样生长曲线也不是固定的。大家鼠试验表明生长曲线的形状，包括拐点的存在与位置可以由不同的营养变化（L.泽克尔〔Zucker〕等人，1941年a，1941年b，1942年；T.F.泽克尔等人，1941年；邓〔Dunn〕等人，1947 年；迈叶尔〔Mayer〕，1948年）。没有一个特征是刚性的，而且顺便说一句，在我的生物学概念中，我可能是假设生理过程的动态秩序有刚性的最后一人。按我整个的生物学观点，我比较赞成古代希拉克利太的看法即只有变化的规律与秩序是永存的。

但只要我们坚信理论的精神，这个表观的矛盾即可解决。真正不变的是用某些关系表示的过程的组织。这就是理论和实验都说明的这样一个事实，在某些代谢和生长参数之间存在函数关系。这不是说参数本身不能变，实验证明是变的。因此，不用影响一般性，我们便可以将“新陈代谢类型”与“生长类型”理解为某些条件下的可以观察的理想状态情况，而不是刚性的种的特性。如果符合某些标准条件，有关的各类动物中就会出现“代谢类型”与“生长类型”。但，“代谢率的减少是一个基本的量，不因外界条件不同而变化”（李赫曼〔Lehmann〕，1956年）显然不对。在自然的或实验的条件之下，关系可能变化，从而生长曲线也会发生变化。有事实证明确实是这样；这是值得进一步研究的定义清楚的问题。

有个有关的情况是季节性变化。伯格（Berg，1959年、1961年）在一般证实上述数据的同时，发现体积与代谢的关系对蜗牛来说随季节变化：“氧的消费与身体大小的关系并不是象贝塔兰菲所说的那样对所有的种来说是固定的、不能变的定量特征……如果（贝塔兰菲的理论）正确，那么代谢类型中看到的季节变化就说明生长率类型中有季节性变化。”

事实上，很久以前我们的实验室里就已经发现这个现象（贝塔兰菲与缪勒，1943年）。蜗牛代谢率的季节性变化已经介绍过（图7.11 a）。但相应的是生长曲线（这里是指数的，因为蜗牛属于“类型Ⅱ”）显出折断与循环(图7.11 b)。因此这显然是个值得进一步研究的问题；但，现有的资料说明只能导致理论的证实，而不会导致理论的被否定。

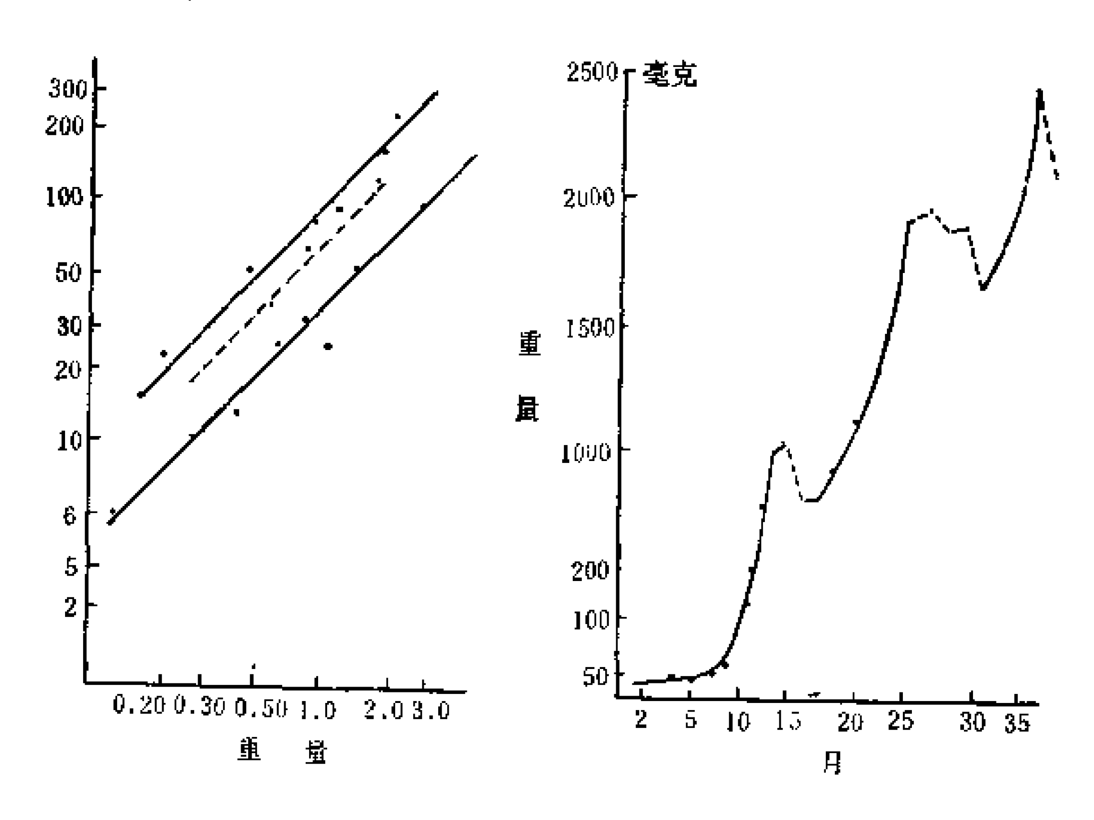


图7.11．陆地蜗牛的新陈代谢与生长。a：代谢率的季节变化。回归线从下往上说明Cepaea vindobonensis冬眠后不久不活动时的休息代谢—20°C及28°C，以及活动期20°C时的休息代谢(体重按克计算)。其它条件相同，活动期的休息代谢比非活动期的高得多。
b：有关种(Eulota fruticum)的生长。生长曲线是指数的(类型Ⅱ，$\alpha \simeq 1$)，但显示季节波动。
(据贝塔兰菲与缪勒，1943年)。

如果这第一个粗糙的模型能够提供结论性的理论，我会感到十分惊讶，肯定会怀疑。好在正如科学史中许多实例所证明的那样并没有发现这种情况。门德尔（Mendel）定律是遗传学的开端，但连接、交叉、位置效应等—它仅仅是古典定律描述的遗传学经验的很少的一部分。伽俐略的定律是物理学的开端，但只有

高度理想化的情况（例如在真空落下的物体）才真正服从这个简单定律。从玻尔的简单的氢原子模型到现代的原子物理有一段漫长的路程，等等。提出一种生长模型必定也是这种情况，否则就太不可能了。对此我们至多能说，它有大量实验证明作后盾，具有说明与预测的能力，并且提出了可供进一步研究的明确的问题。

显然，研究出来的理论只适用于有限的情况，因为可用的数据不太多，而且观察与计算生长过程很费时间。汉明森（Hemmingsen, 1960年）说得很清楚："在任何有据称（或至少是第一次据称）的统一生长类型的集团中，n有实例说明的那么多的变化，看来就不能接受贝塔兰菲的概括，除非拿出比贝塔兰菲重复发表的少数例子要多得多的例子能够证明n与生长类型之间在统计上有显著的关联。"我完全同意这一批评；应当有更多的数据，尽管人们不应当傲慢地忽视那些能证实这个理论的数据，虽然它们已经过去20年了。我想修正汉明森的批评，建议在更广泛的基础上重新研究。至少应当包含以下项目：分析大量的生长数据，现在有电子计算机已经有可能了；在这些情况下同时测定休息代谢对体积的依存关系（常数α）；测定蛋白质的分解代谢（常数k）；在有关的种中测定代谢率的比速生长指数之间的比值和组成代谢常数（η）的理论上相同的比值。这些都是很有意义而被忽视的研究课题；而且模型如果仅把这些放在重要位置，它也证明了它的有用性。

这些研究可以进一步证明模型；有了更多的补充因素就可以修正模型，使它更加详细；或者导致完全放弃这个模型，另搞一个好的。如果出现后一种情况，我决不会失望。这正是模型的任务——作为进一步研究的一种工作假设。

我在所讨论的模型中希望说明的是分析定量数据的一般方法。我想弄清这类模型的用处与局限性。任何模型都应当从它具有的说明与预测的能力来进行考核。一般的批评没有用，模型能不能用只能通过观察与实验来决定。另一方面，模型都不是最后的；它顶多只是近似，需要不断改进。进一步发展类似定量的代

谢生物学的领域只能依靠实验与概念化两者的相互作用，而不能局限于实验或者只构建纯粹凭想象的模型。

小　　结

1.从实验的应用上考查了贝塔兰菲提出的开放系统、反馈、比速生长与生长的理论。

2.开放系统与反馈模型都适用于生理学的许多现象，而且是物理理论的重要扩充。这两个概念应当明确区别；反馈模型(自动平衡）并不是一般的生理调节的全面概括或与“系统理论”等同。

3.比速生长方程显示体积与代谢过程之间最简单的可能的关系。它的用途很广，而且表现生命系统的过程的和谐。但并不存在代谢率的“表面积律”、“3/4幂律”或者“渐减律”。生理现象的比速生长关系变化很大。

4.(a)不同组织或不同种的体积与代谢率之间的关系可能变化；这种变化还可能由于(b)生理条件的变化；(c)不同的实验设计。改变这种关系的条件有这样一些因素：生理活动、性别、季节、事先适应气候，等等。

5.在基础条件下、在非热中和性环境中以及肌肉活动条件下，哺乳动物的总代谢对体积的依存关系是不同的。此变化按洛克尔定律，即代谢率有绝对增加（用比速生长方程的常数 b 表示）时，对体积的回归（用比速生长线的斜率α表示）趋于减少。

6.贝塔兰菲的生长方程是高度简化的模型，但它概括了代谢与生长生理学的许多现象与调节。方程中的参数被不同场合的生理实验所验证。

7.考虑到体积与代谢关系依(5)所述的变化，贝塔兰菲的所谓代谢类型与生长类型只是在某些标准条件下实现的理想情况，不能看作种或种的集团的固定特征。

8.代谢率与生长率的季节性变化是相应的。

9.概述了每个基本模型有待进一步研究的紧迫问题。

8. 人类科学中的系统概念

有机体的革命

康德在他的《实践理性批判》中的著名的一段话里说过，有两件东西使他充满不可名状的敬畏——头上的星空和心里的道德准则。康德的时代正是德国古典主义的高峰期。1800年前后的几十年里德国集中许多伟大的诗人、作家与哲学家，而康德的哲学是伽俐略与牛顿之后物理科学的最高综合。

细想康德的话，我们感到纳闷。在他发现的应当敬畏的东西当中还应当有第三件。康德没有说生命——它既是生物的神奇的组织，又是了解物理世界的心智的微观世界。

康德的遗漏不难理解。当时物理学正接近它的一个高峰点——对此康德自己在太阳系起源的研究中有所贡献；在希腊与犹太-基督教的传统中道德准则也有悠久的历史。而生物学与心理学的科学则刚刚开始发展。

康德著书立说之后的180年见到了工业革命，不久前见到原子革命、自动化革命和征服空间。但这里也有破绽。至少在地球的部分地区实现的惊人的技术发展与富足的社会也给我们带来了忧虑与无聊。现代有了长足进步的物理学连同所有它的惊人的现代见解不象康德想象的那种透明结构。康德的道德即使不曾腐朽，对一个复杂的世界来说也太简单了。即使不谈物质世界毁灭的威胁，人们也感到我们的世界观与价值体系正在出现的虚无主义之中瓦解——这是尼采在进入这个世纪时的预测。

从历史上看，我们的技术乃至我们的社会的基础都是物理主义的世界图景，它的早期的综合见于康德的著作。物理学仍然是

科学的典范，仍然是我们对社会的看法和对人的印象的基础。

但同时也出现了新的科学——生命、行为和社会科学。它们要求在现代世界观当中占有一席之地，也应当有能力为从根本上重新定向作出贡献。现代生物学与行为科学的发展引起的革命不如当代的技术革命广为人知，但同样孕育着未来的可能性。简言之这可以叫做有机体的革命。它的核心是系统概念——表面上是一种苍白的抽象和空洞的概念，但是充满隐藏的含义、激动的和爆发性的潜力。

这种新概念的意义可以用很短的话来概括。19世纪和20世纪的前半期把世界看作是混沌的。混沌是经常提到的原子的盲目游戏，它从机械论与实证论的哲学来看代表着最终的现实，而生命是物理过程的偶然产物，思想是副现象。当现代进化理论认为生命世界是偶然的产物、是在自然选择机制中随机突变和生存的结果时，这就是混沌。同样，按行为主义和心理分析的理论，人的个性是自然与教养的偶然产物，是基因和从幼儿到成年的偶然的事件序列的混合的偶然产物。

现在我们正在寻找关于世界的另一种根本观点——世界是组织。这个概念如果能证实，它将确实改变科学思维依据的基本范畴，深刻地影响实际态度。

这个趋势的标志是控制论、信息论、一般系统论、对策论、决策论、排队论等等新学科的出现；在实际应用方面，则是系统分析、系统工程、运筹学等的出现。这些学科的基本假设、数学技术与目标都不相同，而且往往不够完善，有些还互相抵触。但它们在以这种那种方式同“系统”、“整体”或“组织”相联系的方面却是一致的；同时这些学科的总体指出了一种新的方法。

当代思想中人的形象

上述种种发展对人类科学有什么贡献？当代心理学理论能令人满意是人所共知的。它似乎是从行为主义这种理论无视人的

行为同试验用大家鼠的行为之间区别，而是更需要的是工程师们按大家鼠行为模型来设计人的行为）到存在主义（科学的认识不包括人的情况）的各种相互矛盾的理论的大杂烩。概念和方法多样会是很健康的，如果没有一个干扰事实。所有这些理论都只有一个产生于物理与技术世界的“人的形象”；行为主义、认识过程和行为的计算机模型、心理分析乃至存在主义等理论在其它方面是对立的，但在这一点上是一致的；可是这种“人的形象”显然不真实。这是人的行为的机器人模型。

当然，出现新概念的可能性也很多，因为大家都认识到从实验的事实看来机器人模型在理论上是不充分的，把它用在“行为工程”上在实践上有危险。不过，尽管机器人的概念经常受到公开和隐蔽的反对，它们在心理学的研究、理论与工程中仍占统治地位。因此即使是在这里也有必要略加考虑。

一个主导的概念是刺激-反应模式，或简称S-R模式。动物与人的行为被看成是对来自外界的刺激的反应。刺激-反应的基础一部分就在于遗传的神经机制，反射与本能的行为就是这样。就人的行为而言，更重要的部分是获得的反应或有条件的反应。这可以是古典的条件作用，即通过巴甫洛夫所说的条件刺激与非条件刺激序列的重复。也可以是斯金纳尔所说的通过加强成功的反应的有效果的条件作用。还可以是弗洛伊德所说的幼儿期的经验——从卫生间的训练和其它步骤开始，社会能接受的行为也藉此得以增强，但也可能形成心理病理的情结。这一点支配着心理学工程。学院式的学习使用按斯金纳尔的原理构造的教学机器最好。带心理分析背景的条件作用使自由企业的车轮前进。广告、动机研究、收音机、电视是为人的机器提供条件作用或编制程序以便它去购买它的应当买东西的手段：洗涤粉用最鲜艳的色彩包装，最大的冰箱用作子宫的象征，或者政治候选人指挥着最有效的党派机器。

关键是认为从动物实验中研究学习问题的理论家发现的规律被认为已经包括全部的人类行为。例如斯金纳尔就认为儿童的

“语言行为”的获得过程是同斯金纳尔的大家鼠、鸽子通过正确反应就给一点东西吃的办法学习小动作的有效的条件作用一样。正象一位机智的批评家（考姆斯基）所说的，可能父亲母亲教小孩走路和说话是因为他们的教学行为被某种报酬所加强，例如小孩将来可能靠送报，或者会叫爸妈去接电话挣钱。模式的形式变复杂了，并不能改变其实质。

第二个原则是环境主义的原则，它认为按照刺激-反应模式，行为与个性是由外界影响塑造的。瓦特森（Watson）有个著名的说法：给我一群小孩，（行为主义创始人说），不管他们原来怎样，我能叫他们成为医生、律师、商人、乞丐与小偷，只要运用条件作用的力量。心理分析家认为个性是幼儿期的经验特别是与性有关的经验形成的，这也是依据了同样的原则。用更一般的说法是，人脑是一个可以随意编程序的计算机。实际结果就是人一生下来就不仅有均等的权利，而且有均等的能力。因此我们对经过适当的重新条件作用便能回到队伍里来的失常的人、精神病患者与真正的罪犯的几乎病态的关心往往有损于对健康的、正常的或优秀的人的关心。因此也就有了钱能买到一切的想法：俄国人造出较好的空间飞行器之后，只要多花几十亿美元搞教育就能培养出填补这个差距的一群青年爱因斯坦。

第三个是平衡原则。用弗洛伊德的说法是“稳定性原则”：精神机构的主要功能是保持身体内部的自动平衡。行为实质上是消除紧张，特别是与性有关的紧张。因此让他们通过乱交和其它减缓紧张的办法消除紧张之后就变得正常与满足的人了。

第四，行为由经济原则支配。行为是功利主义的，应当通过最经济的办法，亦即体力与精神能量花费最少。实际上，经济原则等于最小要求公设：例如，把成为企业领导人、电子工程师或管子工的学问要求降到最低的必要限度，否则就会扭曲个性制造紧张，成为不愉快的人。

当前心理学的危机（已经延续了30年）可以概括为直到近年，特别在美国，统治心理学的人的机器人模型的缓慢崩坏。

有两点值得再次强调。首先，人作为机器人的模型同心理学与心理病理学的全部领域有关，否则是同不相同或对立的理论与系统有关：行为的S-R理论；所谓"纯粹感觉的教义"中的认识理论，即把生物看成被动的刺激接受者；巴甫洛夫的、斯金纳尔的、或带干涉变量的学习理论；各种个性理论；行为主义、精神分析、神经心理学与生理学中的控制论概念，等等。另外，"作为机器人的人"是机械化与商业化社会的时代精神的表现与动力；它有助于使心理学成为金钱与政治利益的侍女。这是改造心理学以便使人更加机器人化与自动机化的目标，实现的途径是机械化的学习、广告技术、宣传媒介、动机研究与洗脑。

但这些基本前提是错误的。就是说，条件作用与学习的理论正确描述了人的行为的一个重要部分或方面，但拿来当作唯一的理论就显然不对，而且在实际使用时导致自身失败。把人当作机器人的形象是形而上学或者神话，而且它的说服力只是依靠下列事实：它完全符合大众社会的神话，对机器的美化与作为进步的唯一动力的利润动机。

公正的观察很容易发现这些基本假设的谬误。S-R模式忽略了作为例如玩耍、探索行为与任何形式的创造性等自发活动的表现的行为的很大一部分。甚至果蝇和巴甫洛夫的狗也不是等同的，这样一个任何学习遗传或行为的学生都应当了解的基本事实否定了环境主义。从生物学上讲，生命不是平衡的维持与恢复，它实质是不平衡的保持，正如作为开放系统的生物学说所揭示的。达到平衡即意味着死亡与随之而来的朽坏。从心理学上讲，行为不仅要减缓紧张，而且也产生紧张；如果这个活动停止，患者就是一个衰朽的精神尸体，就象使生物离开平衡的紧张和力停止以后，生物成为腐朽物体一样。为娱乐而犯罪的少年罪犯，这种闲暇太多引起的新的心理疾患、医院里百分之五十精神病例——所有这一切都证明适应、调整、遵奉心理与社会平衡的模式行不通。有范围很宽的行为（可能还有进化）不能降低为个体的适应、种的生存这样一些功利主义的原则。希腊的雕塑、文艺复兴

的绘画、德国的音乐——文化的任何方面——都与效用，或与个人或国家的更好的生存无关。美国企业家在每一个功利主义方面都比贝多芬或米开朗基罗境况好。

还有一个心理学、精神病学和心身病学常常援引的压力原则需要重新评价。和世界万物一样，压力也是个矛盾的东西。压力并不只是适应机制必须控制与中和的对生命的危险；它也创造更高的生命。如果生命在外界扰乱之后只是简单地回到所谓的内部自动平衡，它就永远不会比变形虫进步，而变形虫是世界上适应性最好的东西，它从原始海洋到今天已经存活了几十亿年。米开朗基罗如果实行心理学的教示，应当按他父亲的要求去做羊毛生意，西斯廷教堂虽然没有装饰，他自己却免去了一生的苦恼。

西列（Selye）写道："健康与愉快的秘密在于对地球上不断变化的条件的成功的适应；在这个巨大的适应过程中失败的惩罚就是患病和不愉快"（1956年）。他替精通世故的人讲话，在某种意义上是对的。但从字面上讲，他忽略了一切能在某种程度上使人超过丛林里的野兽的创造性活动和文化。作为适应来考虑，创造性是一种失败、病痛和不愉快；维也纳的文化史家伊贡·弗拉戴尔（Egon Friedell）对此有杰出的分析。调节、平衡与自动平衡的格言是任何给地球带来一个思想的人都不能遵行的，包括西列本人，肯定也因此付出了代价。

生命不是舒服地安居在预定的最佳状态之中；它的最佳状态是有生命力，不屈地走向更高的生存形式。我们承认这是形而上学和诗人的比喻；但说到最后，我们准备赋与世界的推动力的任何形象都是如此。

系统理论的重新定向

看来正沿这个方向出现新的人的模型或形象。它的特征可以概括为：作为积极的个性系统的人的模型。这个模式似乎是许多否则是不同的许多潮流的公分母即共同特性，例如皮亚格与沃

纳的发展心理学、各种新弗洛伊德学派、自我心理学、感知的"新观点"、现代认识理论、G·沃尔波特与马斯罗等人的个性理论、新的教育方法、存在主义心理学，等等。

这意味着心理学的整个定向。心理学常见的一般趋势是把精神事件与行为降低为一堆感觉、驱动力、本能和学得的反应，或者在理论上预先假设的一些最终要素。相反，系统概念是企图将心理生理学上的生物的整体列为科学探索的中心。

因此一个新的"人的模型"是必需的，而且事实上在当前的人文主义与有机体的心理学的趋势中正在缓慢地出现。重点放在人的创造性方面，放在个体差异的重要性方面，放在非功利主义的方面以及要超出存活的生物学价值之外——如此等等是有机积极体模型的内容。这些观点是目前正在重新定向的心理学的基本点；因此心理学特别是精神病学必然会日益重视一般系统论。

同S-R模式所表示的反应性生物的模型相反，我们更多考虑心理物理上的生物是一个主要是积极的系统。S-R模式认为行为是需要的满足、紧张的缓和、自动平衡的再建、还有其它一些功利主义与环境论的解释。但我认为人的活动只能从积极的系统去考虑。我作为一份子，看不出怎么就能把各种创造与文化活动当作"对刺激的反应"、"生物学需要的满足"、"自动平衡的再建"等等。一个商人尽管患了溃疡仍在无休止地活动就不象是"自动平衡"；人们为了满足"生物需要"去发明超级炸弹时也不能算自动平衡。

这种概念不仅适用于行为，也适用于认识方面。完全可以说，承认认识过程的积极部分是受生物学观点支持的现代心理学与精神病学的一般趋势。人不是来自外部世界的刺激的消极的接受者，而是在很具体的意义上创造他的世界。这一点又可以用许多方式表示：用弗洛伊德的儿童的"世界"的改建；用皮亚格、维纳与斯卡契特的发展心理学；用强调态度、感情与动机因素的"感知的新观点"；用奥修贝尔分析"有意义的学习"的认识心理学；在动物学上考虑威克斯科尔物种特有环境；从哲学上用卡西勒尔

的“符号形式”与决定于文化的范畴；用洪堡德与沃尔夫的语言（即符号的与文化的）因素在形成经验世界中作用的证明。“我们所体验的世界是感知的产物，而不是感知的原因。”（坎特利尔〔Cantril〕，1962年。）

这些（还不全）是研究最终要综合起来的各个方面的方法。但在总的概念上有一致的地方。的确，如果生物是一个照相机而且认识是外部世界的一种摄影的形象，那就很难理解为什么认识过程在奇异、神奇、不可思议的世界中采取了阿莱列（1965年）很好描述过的迂回的路线，一直到最近才终于到达一般美国人与西欧科学的被认为是“客观的”世界观。

这种用系统概念取代机器人概念的新的“人的形象”强调内在活动而非受外部指挥的反应性，承认人的文化有与动物行为不同的特性，必然会导致对教育、培训、心理疗法以及一般的人的态度等问题的根本再评价。

社会科学中的系统

最后，我们应当看看系统概念在最广泛的范围即人群、社会与整个人类中的应用。

为便于讨论，要从广义上去理解“社会科学”，包括社会学、经济学、政治科学、社会心理学、文化人类学、语言学以及历史和人文学科的很大部分。要从掌握规律性的角度去理解“科学”即不是描述异常性，而是整理事实并研究一般性。

这样定义之后，我认为就可以肯定地说：社会科学是社会系统的科学。因此必须运用一般系统科学的方法。

这样说似乎没有说出什么来，而且也很难否认“当代的社会学理论”（索罗金，1928年，1966年）乃至它们的历史发展就是这么过来的。但是将社会系统的正确研究同两种普遍的概念对比：首先是忽视研究“关系”的原子论的概念；其次是忽视有关系统的特殊性的概念，例如简化论者常常谈的“社会物理学”。这点需要解

释一下。

对有机体系统的研究是广泛的。它形成生物学的一个重要部分，从生态学与遗传学两个方面研究动物与植物的社区与社会、它们的生长、竞争、生存斗争，等等。人类社会的某些方面也可作类似的考虑；不但人口增长这类很明显的方面，而且按理查森等人的说法，军备竞赛及类似战争的冲突也可以用类似生态学的微分方程来表述，而且尽管过于简单，还是提供了一些解释甚至预见。谣言的传播可以用一般化的扩散方程描述；汽车的交通流量可以用形式上类似动力学与热力学的方法来分析。这些例子是一般系统论的比较典型的、直接的应用。但这只是问题的一部分。

社会学及其有关领域实质上是研究人类集团或系统，从家庭或工作组等小的集团，经过无数正式非正式组织的中间单位到国家、势力集团、国际关系这样的最大的单位。许多提供理论表述的尝试都是系统概念或这个领域中的某个同义语的阐述。最终人类历史问题将会是系统观点的可能的最广泛的运用。

现代系统方法提供的概念与理论日益增多地被引入社会学，例如一般系统、反馈、信息、通信，等等的概念。

现代社会学理论主要包括定义社会文化“系统”的企图以及关于功能主义的讨论，即考虑社会现象时从它们服务的“整体”出发。对于前面一个问题，索罗金把有因果、有逻辑与有意义（本文作者将这些特征不严格地翻译成为生物的、符号的、价值的层次）作为社会文化系统的特征似乎是最好地表现了各个复杂地相互联系的方面。

功能主义者的理论主要是帕尔逊(Parson)、墨尔顿(Merton)等人的表述；迪墨拉斯与彼得森最近的书（Demerath and Peterson, 1968年)对各种流派作了杰出的介绍。对功能主义特别是帕尔逊观点的批评在于它们过分强调了维持、平衡、调节、自动平衡、稳定的制度结构，等等，结果历史、过程、社会文化的变化、内向的发展等都被轻轻带过，而且至多作为一个具有负的价值内涵的“偏离正常的现象”出现。因此这种理论成为保守主义

与遵奉主义的一种，维护系统（或者用门福特〔Mumford〕的话说是维护现有社会的超大型机器）的现状，在理论上忽视并从而阻碍社会的发展。显然，我们这种形式的一般系统论没有这些缺陷，它把维持与变化、系统的保存与内部冲突均匀地综合在一起；因此它很容易成为将来改善的社会学理论的逻辑骨架（参看伯克莱〔Buckley〕,1957年)。

系统理论在系统分析与系统工程中实际应用于商业、政府、国际政治的问题证明这个方法是“有效的”而且能够进行解释与预测。它特别是说明系统方法不限于物理学、生物学，与其它自然科学的物质实体。而且可以用于部分非物质的、异质的实体。例如，企业的系统分析包括人、机器、建筑、原材料流入、产品流出、货币值、商誉与其它不能估量的东西；它可能给出确定的答案与实用的建议。

困难不仅在于现象的复杂性，而且在于所考虑的实体的定义。

至少一部分困难是表现在社会科学研究“社会文化”系统这个事实。人类集团，从最小的个人友谊与家庭到最大的国家与文明，不仅是在低于人类的有机体中发现的社会“力量”的结果——至少在原始形式上；它们是被叫做文化的人造世界的一部分。

自然科学根据情况必须处理时间与空间上的物理实体、粒子、原子与分子、各种层次的生命系统。社会科学要研究处在人类自己创造的文化世界中的人。文化世界实质上是一个符号世界。包围动物的是它们必须应付的物理世界：物理环境、要捕食的动物、要躲避的捕食者、等等。作为对比，包围人的是符号的世界。从作为文化的前提的语言开始，到他与同伴的符号关系、社会地位、法律、科学，艺术、道德、宗教与无数其它事物，人的行为除了饥饿与性的生物需要等基本方面之外，都由符号的实体支配。

我们也可以说人具有比生物学世界更多并超越物理世界的价值。这些文化价值从生物学角度看是无用的或者甚至是有害的；

比如，很难发现音乐有什么适应或生存的价值；民族与国家的价值在它们导致战争与大量杀人时从生物学上讲是恶毒的。

历史的系统理论概念

生物物种通过遗传变换而进化，与此对比，只有人才有历史现象，这与文化、语言、传统密切联系。大自然由科学不断发现的规律统治。历史有规律吗？从规律是概念模型或理论中的关系这一事实出发，这个问题和下面这个问题一样：除去对事件的描述，还有理论的历史吗？如果这是可能的，它必然要把系统作为最好的研究单位——人的集团、社会、文化、文明或任何合适的研究对象等等。

历史学家普遍认为不是这样。科学是研究规律的——在自然事件能够重复与再现的事实基础上确立规律。但相反历史是不会重复的。它只出现一次，而且因此历史只能是独特的，亦即描述离今或近或远发生的事件。

与这种正统历史学家的观点不同，出现了异端，它们试图通过用于历史过程的规律来建立理论的历史。这个流派始于18世纪初的意大利哲学家维科，后来在黑格尔、马克思、斯宾格勒、托因比、索罗金、克劳伯等人的哲学体系与研究工作中继续。这些体系之间显然有差别。但它们都同意历史过程不完全是偶然的，而是遵循着可以确定的规则或规律。

前面说过，科学方法毫无疑问可以用于人类社会的某些方面。统计学便是其中之一。我们能够而且已经表述了许多社会实体的统计规律或至少是规则。人口统计、死亡统计（没有这个统计保险公司就得破产）、盖洛普民意测验、关于投票行为或产品销售的预测说明统计方法能用于广泛的社会现象。

另外还有一些领域中假设与演绎系统的可能性是大家公认的。其中之一便是数理经济学或经济计量学。正确的经济学体系可能有争议，但这种系统是存在的，而且和一切科学一样，

可以指望它还会改善。数理经济学也是不涉及物理实体的一般系统论的一例。经济学中的多变量问题，不同的模型与数学方法都是建模与一般系统方法的绝好实例。

甚至对于这些神秘的实体，人的价值、科学的理论也在出现。事实上，信息论、对策论、决策论为研究古典科学的数学不能应用的人与社会行为的方面提供了模型。拉帕波泡特的“战斗、对策、辩论”(1960年）与包尔丁的“冲突与防御”（1962年）等著作详细分析了军备竞赛、战争与战争对策、经济与其它领域中的竞争，用的就是这些比较新的方法。

特别有意思的，这些方法用于本来认为不属于科学的人类行为的方面：价值、理性的决策、信息，等等。它们不是物理主义的，也不是简化论的。它们不使用物理定律或自然科学的传统数学。而是出现了数学的新发展，目的在于处理物理学世界中没有遇到的现象。

在文化的非物质的方面也有一些无争议的规律。例如，语言不是物质对象，而是我们称为人类文化的无形实体的一种产物或方面。但语言学讨论可以描述、解释、预测所观察的现象的规律。最简单的例子是有关德语历史中的辅音变化的格里姆定律。

大家都承认文化事件有某种形式不太明确的规律性。例如这是很一般的现象：在相距遥远的地方与时间里艺术的进化经历了古典、成熟、变态、消亡的各个阶段。

因此社会现象中可以看到统计规则或规律；有些专门的方面可以用与自然科学不同的现代方法、模型与技术来解决；我们对社会系统的内在的、专有的、组织的规律也有一些看法。这一点没有争议。

争论的根子是“理论的历史”即关于历史的伟大洞见与构思——例如维科、黑格尔、马克思、斯宾格勒、托因比等杰出人物的历史观。“微观历史”即有限的空间、时间及人类活动领域中的事件的规律性肯定比较模糊，有待探索，远非精确的陈述；但它们的存在是不容置辩的了。寻求“宏观历史”的规律性的企图是

官方历史明确反对的。

排除浪漫主义、形而上学与说教之后，“大系统”就是历史过程的模型，正如托因比很晚在他的最后一卷“研究”中才承认的。用简化因而比较好懂的形式的概念模型来表示现实的某些方面，对任何理论研究都是基本的；不论是在物理学中应用牛顿模型，在原子物理学中应用粒子与波的模型，在人口增长中用简化的描述模型，还是用对策模型描述政治决策。模型的优点与危险是众所周知的。优点是这是一种创造理论的方法，亦即模型可以从前提进行推断，解释和预测，往往得到预料不到的结果。危险是过于简化：为了使它在概念上可以控制，把现实简化成了概念骨架——剩下的问题是我们是否在这样做的时候切掉了解剖学的重要部分。现象愈多样化与复杂，过分简化的危险愈大。这点不仅适用于文化与历史的“大理论”，而且适用于任何生理学或社会学杂志上的模型。

显然，伟大的理论是很不完全的模型。事实的差错、解释的谬误、结论的错误已在大量批评文章指出，这里不再赘述。但即使这些批评都对，有些意见还是有用的。

各种“理论历史”的体系所证明的一件事是历史过程的性质。历史不是无定形的人类中的或作为动物的一种的人类中的一种过程。历史过程是叫做高度文化或文明的实体或大系统的过程。它们的数量不确定，分界不明，相互关系复杂。不论斯宾格勒数出八大文明，托因比列出20个，索罗金又用了别的范畴，或者最近的研究发现许多被忽视的文化，事实是有限数目的文化实体构成了历史过程，每一种实体都代表一种生命周期，正如企业、艺术学派、甚至科学理论等较小的社会与文化系统都如此。这个过程不是斯宾格勒所说的一千年的预定的生命期（甚至生物个体也没有固定的生命期，死期可以或早或晚）；它也不是光荣孤立的。文化扩散的范围十分惊人，考古学家发现史前就有琥珀之路或丝绸之路，存在于基督教时代之初或更早，在庞贝发现了印度拉克希米的小雕象，在印度海岸发现了罗马的商站。最近几年发现了斯宾格勒与

托因比想象不到的扩展和新问题。柬埔寨、伊特拉斯坎、罗马之前的凯尔特人的文化肯定在这当中占有一定位置；什么是扩散到地中海大西洋与波罗的海边缘之外的巨石文化或早在公元前500年就有类似普雷多的"埃尔切的淑女"这样惊人作品的伊比利亚文化?然而，有埃及、希腊-罗马、浮士德、巫术、印度文化(或者我们高兴取什么目录都行)之类的东西，"风格"(即它们的符号系统的统一体与整体）都不一样，即使吸收、同化了其它文化的特点并与同时代和过去的文化系统相互作用。

另外，大家都知道历史有沉浮（不是严格的循环和再现周期，而是波动)。正如克劳伯（1957年）与索罗金（1950年)所强调的，剔除历史哲学家的错误与特质之后，还是有很多一致的地方；而这是由众所周知的历史事实组成的。换句话说，历史学理论家之间的不一致，以及同官方历史的不一致，并不是资料问题而是解释的问题，即使用什么模型的问题。按照科学史这毕竟是人们所期望的东西；因为一场科学"革命"，一个科学思维的新"范例"的引进（库恩，1962年)，往往表现为全部相互竞争的理论与模型。

在以上争论中，不能低估纯粹和简单词义学的影响。文化概念本身的意义就有争议。克劳伯和克勒克昂（1952年）收集并讨论了160种定义，但没有肯定下一个。特别是人类学者与历史学者的意见不一致。例如，鲁斯·比尼迪克特的新墨西哥、不列颠哥伦比亚、澳大利亚的文化模式实质上没有时间；这些模式自从无记录的时代一直存在，而且它们过去若有微小变化，那也不在文化人类学者的范围与方法之内。相反，历史学者谈到文化或更正确地说是文明时（按惯用的英语）总是指时间过程：从爱奥尼亚城市国家到罗马帝国的希腊-罗马文化，它的从古代塑象到古希腊人文主义的雕塑艺术、从巴哈到施特劳斯的德国音乐、从哥白尼到爱因斯坦的科学等等的演化。据我们目前所知，只有数目有限的"高级文化"具有并创造了历史，亦即在时间上表现出大的变化，而几百种人类学者的文化停留在它们的石器与青铜时代的水

平上，往往到欧洲影响波及之后才有所改观。在这方面，斯宾格勒当然是对的，他认为文化是动态的、自我进化的实体，而人类学者却认为一种“文化”（不论它是澳大利亚土著、希腊或西方世界的文化）和另一种文化都属于一条具有偶然的、环境决定的旋涡、急流、静水的无定形人类的长河。

顺便说一下，这些语词上的差别不仅属于学术性质，还有政治意义。加拿大现在就发生了两种文化的战斗（或者用另一种形式，英法两个民族的战斗）。这是什么意思呢?我们了解人类学意义上的文化并且愿意去同种族差别——它们存在于非洲或婆罗洲的原始居民之间并造成无休止的战争与杀戮——作战吗？或者我们是指象法国文化和德国文化那样的文化亦即有待证明的、并且要证明的英国加拿大人与法国加拿大人的差别的创造性的表现?显然，政治的观点与决策主要取决于定义。联合国的国家概念以“人类学”的观点为基础（如果不是按殖民地时代遗留的任意的边界的话）;结果不能使人得到鼓舞。

另一个语义方面的问题出现在社会学与历史的“有机体”理论之中。斯宾格勒把伟大的文明叫做具有包括出生、成长、成熟、老化、死亡的生命期的有机体；众多的批判家证明了明显的事实，因为文化不是象动物或植物那样的有机体，严格受空间与时间约束的个体。相反，社会学很好地应用了有机体的概念，因为它的比喻性质是大家理解的。一家商业企业或制造厂是一个“系统”并因此显示“有机体”的特性；但植物学者的“植物”和工业家的工厂的区别很清楚，不成什么问题。英文中植物与工厂都叫(Plant)。法文中常讲机关（例如邮政机关）、商业、企业或职业社团的organisme有机体，不会引起争议，比被大家理解的譬喻不会引起争议。

与其强调处于科学的胚胎阶段很自然地产生的周期历史学者的缺点，还不如强调他们在许多地方的一致性。有一个一致的地方已经超出了学术问题。这个问题使人震惊并且已经为托因比与斯宾格勒赢得否则在学术辩论中少见的公众赞扬和感情反应。它

就是斯宾格勒书名中的命题“西方的衰落”，这是说尽管或者因为我们在技术上有巨大成就，我们处在一个文化衰朽与大灾难逼近的时代。

系统理论方面的未来

日益扩大的社会机器对大众的统治与对个人的压制；传统价值体系的崩溃以及它被从民族主义到地位符号的崇拜、到占星术、心理分析与加利福尼亚的宗派主义所取代；艺术、音乐、诗歌中创造性的衰微；大众自愿服从权力主义——不论它是一个独裁者还是一群贵人；数量越来越少的超级大国之间的大战：这些是我们时代反复出现的若干征兆。“我们注意那些社会中的心理变化，它们以前是文化的创造者。它们的创造力与创造能量枯竭了；人们很疲劳，没有创造的兴趣，不再重视创造；他们不再着迷他们的努力不再是为人类的利益进行的创造性努力，他们的脑子或者为物质利益占据，或者充满同地球上生活无联系的在别处实现的理想。”这不是昨天报纸上的一篇社论，而是罗马帝国的著名历史学家罗托夫采夫对罗马帝国衰亡的描述。

但与厄运的先知们列举的这些以及其它迹象相反的是，我们的文明显然也有两个因素是同过去已经灭亡的文明不同而独特的。一是技术发展，它对自然进行了前所未有的控制，而且开辟了人类过去面对的饥馑、疾病、人口过密等可以减缓的道路。另一个因素是我们的文明的全球性。以往的文明受地理边界限制，只包含有限的人类集团。我们的文明包括整个星球，并且要向外征服空间。我们的技术文明不是雅典市民或罗马帝国臣民、德国或法国公民或欧洲白种人等少数集团的特权。它是各种肤色、种族、信仰的全体人类的。

这些确实有推翻历史的循环模式并使我们的文明走上比以往各种文明更高层次的特点。让我们来尝试大家能接受的试验性综合吧！

我认为“西方的衰落”不是假设，也不是预言，这是既成的事实。西方文化的发展一千年来发源于欧洲国家，创造了哥德式大教堂、文艺复兴的艺术、莎士比亚与歌德、牛顿物理学的严密结构以及所有欧洲文明的光荣，这个巨大的历史周期完成了，人力不能挽回。

我们必须应付大众文明的现实、它是技术的、国际的，包括地球与全人类，旧的文化价值与创造性被新方法所代替。当前的大国较量在现在这种爆发性的阶段，可能导致全球性的原子毁灭。如若不然，东方与西方的差异可能通过某种途径变得不再重要，因为长期的物质文化的相似性将会证明比意识形态的差别强大得多。

9、心理学和精神病学中的一般系统论

现代心理学的困境

最近几年“系统”概念在心理学和精神病理学中有越来越大的影响。许多研究工作涉及一般系统论或者它的一个方面。阿尔波特(Gordon W. Allport)的杰作（1961年)的修正版的最后一章是“作为系统的个性”；曼宁格(Karl Menninger, 1963年)的精神病学体系的基础是一般系统论和有机生物学；（拉帕波特 Rapaport, 1960年)甚至说到“开放系统在心理学中的普及”。这个趋势是怎么产生的呢。

支配二十世纪前半期美国心理学的是反应性有机体的概念，或者更形象一点说是把人当作机器人的模型。这个概念是美国所有主要心理学派共有的：古典与新行为学派，学习与动机理论，精神分析，控制论，把头脑当作计算机的概念，等等。按一位主要的个性理论家的说法，

> 人是一台计算机，一个动物，或者一个婴儿。他的命运完全决定于基因，本能，偶然事件，早期的条件作用和增强作用，文化和社会的力量。爱是第二动力，它的基础是饥饿和口的感觉或者对先天潜在的恨的反应形成。在我们大部分的个性学理论中都没有规定创造性，不承认便于自主决策的自由范围。对理想的力量没有适当认识，没有无私行为的基础，完全不能指望人类能把自己从当前面临的厄运中解救出来。如果我们心理学家总是自觉或不自觉、出于恶意地想使人性的

概念降低到最低程度并在这样做时庆幸我们的概念降低到它的最小的公分母，并且满足于我们在这方面的成功，那么我们可能必须承认我们身上已经有这么多的魔鬼精神了。(默里〔Murry〕，1962年)

机器人心理学的主旨受到了广泛的批评；要了解这方面观点的读者可以参看阿尔波特的很全面的评价(1955年，1957年，1961年)以及最近马特森(Matson，1964年)的历史概括，这些著作都写得很好，材料很丰富。但由于明显的原因，这种理论仍占统治地位。把人当作机器人的概念是工业化大众社会的表现，也是这个社会的强大动力。它是商业、经济、政治和其它广告与宣传的行为工程的基础；没有这种操纵，"富裕社会"的不断扩大的经济不可能继续存在。只有越来越把人变成斯金纳尔试验用的老鼠、机器人、买货自动机、能调节体内平衡的适应者和机会主义者(更直率地说是变成低能儿和傻瓜)，这个伟大的社会才能沿着国民生产总值日益增长的道路前进。事实上(亨利〔Henry〕，1963年)，学院心理学的原理和"人的金钱概念"的原理是一样的。

现代社会为操纵心理学提供了大规模实验的机会。如果它的原理正确，紧张和压力的条件应当会增加精神紊乱。另一方面，食品、住所、人身安全等等基本需要满足之后，精神健康应当改善。还有一些因素也会改进精神健康：通过身体功能训练防止婴儿本能受抑制，减少学校的要求以免儿童精神负担过重，提供早年性欲满足，等等。

行为学派试验的结果同预期的相反。身体与精神的压力都极端严重的第二次世界大战时期并没有使神经失常（奥普勒〔Opler〕，1956年）或精神紊乱（拉弗罗〔Llavero〕，1957年)有所增加——除了象战争神经病这样的直接冲击后果。相反，富裕社会产生了空前大量的精神病患者。确实在紧张减退和生物需要得到满足的条件下，存在论神经病、恶性厌世、退休神经病之类的新形式的精神紊乱就出现了(亚历山大〔Alexander〕，1960年)，

这种心理功能障碍形式不是出自被压抑的动力、未满足的需要或者压力，而是来自生活没有意义。有人怀疑（阿莱蒂〔Arieti〕，1959年；贝塔兰菲，1960年a），现在精神分裂症有所增加可能是由于现代社会中人的“其他方向指导”（但未经统计证实）。而且无疑在性格失调方面，出现一种新的少年犯罪：犯罪不是因为穷困或热情，而是因为它有趣，为了“得到刺激”，产生于生活的空虚（《犯罪与犯罪学家》，1963年，作者不详；黑克尔〔Hacker〕，1955年）。

这样，理论心理学和应用心理学的基本原理都有了问题。这样的不协调和新的趋势已经用各种不同方式表现出来，例如各种新弗洛伊德学派、自我心理学、个性理论（默里，阿尔波特）、最近才被接受的欧洲发育与儿童心理学（皮亚格，沃纳，布勒）、感知的“新面貌，自实现（戈尔德斯坦，马斯罗）、顾客中心疗法（罗杰斯）、现象学的和存在论的方法、人的社会学概念（索洛金），等等。在各种现代潮流中，有一个共同的原理：不把人当作反应式的自动机械或机器人，而是当作主动的个性系统。

因此，现在对一般系统论感兴趣的原因是希望它能为正常的心理学与病理心理学提供更全面的理论框架。

心理病理学中的系统概念

一般系统论来自生物学的有机概念。在欧洲大陆，这是本文作者（1928年a）二十年代的研究成果，安格鲁-撒克逊国家（怀特黑德、伍德格、科格希尔等人）和心理学形态理论（科勒）中都有平行的成果。值得注意的是布留勒（Eugan Bleuler，1931年）对它的早期发展有共鸣。戈尔德斯坦（1939年）在精神病学中提出过类似的成果。

有机体和个性

和重力或电力的物理的力不同，生命现象只存在于叫做有机

体的个体之中。就是说，任何有机体都是一个系统，是一个相互作用的各部分与各过程的动态秩序（贝塔兰菲，1949年a）。同样，心理学现象只存在于个体化的实体，在人就叫做个性。“不管个性能够是什么别的什么东西，它有一个系统的特性”（G. 阿尔波特，1961年）。

作为系统的心理生理有机体的“克分子概念同只将它作为反射、感觉、头脑中心、动力、增强的反应、特性、因子等“分子”单位的汇总的概念不一样。精神病理学明确指出精神机能障碍是系统的扰乱而不是单个功能的失效。甚至是局部创伤（例如皮肤损伤），它的影响也是整个机能系统的削弱，特别是更高从而也是要求更高的功能的削弱。反过来，系统具有相当的调节能力（比提，1931年；戈尔德斯坦，1959年；拉希莱，1929年）。

主动的生物机体

“即使没有外界刺激，生物也不是一种被动的系统，它是一个内在主动的系统。反射理论预先假定行为的主要成分是对外界刺激的反应。相反，最近的研究越来越清楚地说明，由系统本身支持的神经系统的自发活动是主要的。在进化中，反应机制加到原始的、有节奏运动的活动上边。刺激（即外界条件的变化）不会使本来不动的系统发生一个过程；它只能改变自发的主动系统中的过程”（贝塔兰菲，1937年；1960年）。

活的生物保持一种叫做开放系统的稳定状态的不平衡，因此能够消除自发活动中或对释放刺激作出反应时的现有势能或“紧张”；它还要向更高的秩序和组织发展。机器人模型将对刺激的反应，减少紧张，重建被外界因素扰乱的均衡，对环境的调节等等看做基本的、普遍的行为型式。但机器人模型只能部分适用于动物行为，完全不适用于人类行为的主要部分。要了解心理生理有机体的基本的内在活动需要重新定向，它为生物学、神经生理、行为、心理学、精神病学的证据所支持。

自发活动是行为的最原始的形式（贝塔兰菲，1949年a；卡密凯尔，1954年；赫里克，1956年；霍尔斯特，1937 年；斯契勒，1957年；沃纳1957年a）；这一点在头脑机能（希伯，1949年）和心理学过程中都能发现。脑干中发现活化系统（伯林恩，1960 年；希伯，1955年；玛贡，1958年）之后，这几年更加突出了这个事实。自然行为包含大量不属于刺激-反应模式的活动：从动物的探索、游戏和仪式（斯契勒，1957年）到人类为自我实现与创造性而进行的经济、智力、美学、宗教等的追求。甚至老鼠可能也在“找”问题（希伯，1955年），健全的儿童和成人的无数活动远不是减少紧张或满足需要所能概括，这些活动不能归结到第一或第二动力（阿尔波特，1961年）。这些行为都是为自身目的完成的，从完成本身获得满足（按布勒的说法是“功能满足”）。

同样理由，在类似剥夺感觉的实验中，紧张得到完全的松弛之后并没有出现理想的状态，相反容易产生不能忍受的忧患、幻觉和其它精神病症状。囚犯的精神病，封闭病房的病人症状恶化，退休与周末的神经病，都从临床实践上证明心理生理学上的生物需要一定量的紧张和活动才能健康地生存。

自发性的减退是精神疾患的症状。患者逐渐成为一台自动机或者一种刺激-反应机器，受生物动力驱使，为食料、消除紧张、满足性欲等需要所迷惑。被动生物的模型完全足以描述强制之下的人的刻板行为，大脑受损的患者的行动，以及紧张症与有关的精神病理学的自发动作的衰退。用同样的工具，可以看出正常行为有明显不同。

体内平衡

许多心理生理学的调节依据的是体内平衡原理。但存在明显的局限性。一般说来，体内平衡模式不适用于（1）动态调节，即不是以固定机制为基础的、发生在作为整体而发挥功能的系统之中的调节过程（例如，头脑损伤后的调节过程）；（2）自发活动；

（3）目的不是减少而是增加紧张的过程；（4）生长、发育、创造等过程。也可以说体内平衡对非功利主义的人类活动并不是合适的阐述性原理——这些活动不是为自我保存和生存的第一需要服务，也不是为例如许多文化表现等的第二派生需要服务。希腊雕塑、文艺复兴的绘画、德国的音乐都与调节、生存无关，因为它们具有的是符号价值而不是生物学价值（贝塔兰菲，1959年；1964年c）。但即使是自然界的生物也决不是只有功利主义（贝塔兰菲，1949年a）。

体内平衡原理有时被发挥到愚蠢的程度。用内部过程的“反常转移”来解释死在火刑柱的上殉道者，说死去比活下去更能实现“体内平衡”（弗里曼〔Freeman〕，1948年）；认为登山运动员冒生命危险是因为“失去社会尊重会更加难受”（斯塔格纳〔Stagner〕，1951年）。这些例子说明某些作者为了挽救一种植根于经济、商业的哲学的模式，为了将顺从和社会主义作为最终价值来提倡，已经走上了什么样的极端。不应当忘记杰出的生理学家与思想家坎农（1932年）是不赞成这种歪曲的；他明确强调体内平衡以外的“无价的非主要因素”（同时参看弗兰克尔〔Frankl〕，1959年b；托克〔Toch〕和黑斯托夫〔Hastorf〕，1955年）。

体内平衡模型在精神病理学中可以使用是因为精神病人的非体内平衡功能一般都是下降的。因此曼宁格（Karl Menninger，1963年）可以把精神疾患的进程作为防御机制来描述，这个进程在愈来愈低的体内平衡的层次平静下来，直至只留下对生理学生命的保存。阿莱蒂（Arieti，1959年）有关精神分裂症中进行性目的论的退化概念同这点类似。

分　化

“分化是从比较一般的、同质的条件变换成比较特别的、异质的条件”（康克林〔Conklin〕按考德利〔Cowdry〕改写，1955年，第12页）。“发育就是从比较完全而缺少分化的状态走向分化、连

接、递阶秩序都更多的状态”(沃纳〔H.Werner〕,1957年b)。

分化原理在生物学，神经系统的进化与发育，行为，心理学和文化中普遍存在。我们同意维纳（1957年a）的见解：精神功能一般是从调和合并的状态（此时知觉、动机、感觉、意象、符号、概念等等是一个不定形的统一体）向使这些功能有更清楚的区别的状态发展。在知觉中原始状态似乎是联觉之一（它的痕迹一直保留到成年人，并可能在精神分裂症、墨斯卡灵和麦角酸二乙基酰酸的实验中再现），从这里分出视觉、听觉、触觉、化学与其它体验。在动物与相当多的人类行为中，存在一个知觉-情绪-动机的统一体；没有情绪的、动机的含义的单纯靠察觉的物体是成熟的文明人后来才得到的成就。语言的起源还不清楚；但就我们所知，“全语词的”(洪包德〔W.Humboldt〕,参看维纳，1957年a)语言和思想——即具有广泛的联想气味的发声与思想——先于意思和清晰的语言的分离。同样，诸如“我”和物体、空间、时间、数字、因果关系等等的区别这样一类发展的精神生活范畴，是从幼儿、原始人、精神分裂症患者的“原始”感知所表现的知觉-概念-动机的连续体进化而来的(阿莱蒂，1959年；皮亚格,1959年；维纳,1957年a)。神话是多产的浑沌，从中分化出语言、巫术、艺术、科学、医学、习俗、道德和宗教(凯西利尔〔Cassirer〕，1953—1957)。

因此“我”和“世界”，“精神”和“物质”，或者笛卡儿的“思维(res cogitans)”和“存在(res extensa)”并不是一个简单的事实和原始的对立物。它们是生物进化、儿童智力发育、文化与语言历史长期进步的最终结果，其中的感觉者并不简单是一个刺激的接受者而是在很真实的意义上创造着他的世界（例如布鲁纳〔Bruner〕,1958年；坎特利尔〔Cantril〕,1962年；格尔茨〔Geertz〕,1962年；马特森〔Matson〕,1964年）。可以有各种说法（例如，阿尔波特，1961年，第110—138页；贝塔兰菲，1964年a和1965年；凯西利尔，1953—1957年；弗洛伊德，1920年；默罗〔Merloo〕,1956年；皮亚格，1959；维纳，1957年a)，但大家都同意分化是来自“自身和环境的无差别的绝对物”（伯林恩〔Berlyne〕，1957

年），而且儿童与原始人的万物有灵论的经验（在亚里士多德的哲学里仍然坚持），“观相术的”观点（维纳，1957年a），“我们”与“你”的体验（在东方的思维里比在西方的思维中强得多——凯斯特勒〔Koestler〕，1960年〕，神人，等等，都是文艺复兴的物理学终于“发现无生物界”之前的历史步伐。“事物”与“自我”都是通过形态动态的无数因素，学习过程，以及社会、文化与语言诸因素的缓慢积累而出现的；“公共的客体“和“私有的自我”之间的截然区别，没有命名和语言即属于符号层次的过程是肯定不能实现的；而且也许这种区别的先决条件正是印度日耳曼语族的语言（沃尔夫〔Whorf〕，1956年）。

在精神病理学与精神分裂症里，所有这些原始状态都通过回归而再现，而且表现方式很古怪；古怪的原因是它们自身的古代要素和更复杂的思维过程进行了任意的组合。另一方面，儿童、原始人与非西欧人的经验虽然比较原始，但是形成了有组织的世界。这是应当讨论的第二类概念。

集中化和有关概念

“生物不是机器；但他们在某种程度上可能变成机器，凝结为机器。不过永远不会彻底；因为完全机器化的生物就不能对外界不断变化的条件作出反应”（贝塔兰菲，1949年a）。不断机器化的原理说明了从无差别的整体到更高功能的转变，它的条件是专业化和“分工”；这个原理还说明整体中的调节性与各成分的潜在可能性的丧失。

机器化往往导致树立一些主导部分，这是些支配系统的行为的成分。这类中心可能产生“触发器的因果作用”，即与原因等于结果的原理不同，主导部分的细小变化可能通过放大机制引起整个系统发生重大变化。通过这种办法可以建立起各部分或过程的递阶秩序（参看第3章）。这些概念除了有一点有争论，都不需要说明。

在头脑与精神功能之中，集中化和递阶秩序通过划分层次来实现（吉尔伯特〔A.Gilbert〕，1957年；勒斯奇〔Lersch〕，1960年；卢德〔Luthe〕，1957年；罗撒克尔〔Rothacker〕，1947年），亦即通过再加上较高的"层次"——起主导部分作用的层次来实现。细节和有争议的论点不属于本文范围。但是，人们都会同意——一般过于简化——可以区分出三个主要层次或者进化阶段。在大脑中这些层次就是（1）低等脊椎动物的原型脑，（2）从爬虫向哺乳动物进化的新脑（皮层）和（3）只有人类才有的某些"最高的"中心，特别是运动语言（布罗卡的）区域以及大联想区。同时例如在视觉器官的控制中心方面先有一种转化——从中脑的视丘（低等脊椎动物）到间脑的膝状侧板体（哺乳动物）再到端脑的距状物区（人）。

用类似的方法，精神系统的分层可以粗略确定为以下几个领域：本能、动力、情绪、原始的"深刻个性"；感知和自发行动；人类特有的使用符号的活动。现有的表述（例如弗洛伊德的伊底〔id〕、自我、超我，以及德国分层理论家的表述）都有批判的余地。现在完全不清楚所谓"有意识的"一小部分头脑过程的神经生理学上的意义。弗洛伊德学派的无意识即伊底只包括有限的方面，而且在弗洛伊德之前已经有人对无意识功能作了广泛得多的研究（怀特〔Whyte〕，1960年）。虽然这些问题需要进一步澄清，但安格鲁撒克逊派认为分层是"哲学"因而拒绝分层学说（埃森克〔Eysenck〕，1957年）或者认为老鼠和人的行为没有根本差别（斯金纳尔〔Skinner〕，1963年），则是不对的。这种态度简单否定了动物学的基本事实。而且，要了解精神病学上的紊乱必需用分层的概念。

回　归

有人认为精神病状态是"向更老的、更幼稚的行为方式的回归"。这是不对的；E.布留勒已经指出，儿童不是精神分裂症患者，

他是有正常机能的，不过比较原始。"精神分裂症患者是向低层次回归而不是在低层次综合；他并没有组织起来"（阿莱蒂，1959年第475页）。回归实质是个性的分裂；亦即阻止分化和避免集中。阻止分化是指不损失对称排列的功能，只是原始状态的再现（联觉、不同信仰的结合、原始的思维，等等）。极而言之，避免集中是精神分裂症患者的功能性大脑失常（阿莱蒂，1955年）。按布留勒的看法较轻的神经病中个性的分裂（即显优势的心理学实体）、失调的自我功能、弱自我，等等，都同样表示递阶精神组织的解体。

边　界

任何作为可以独立研究的实体的系统必须有空间的或动态的边界。严格说来，空间边界只存在于朴素的观察，所有边界最终都是动态的。人们不可能精确画出原子（带有吸引其它原子的伸出的原子价）、石头（汇集了分子和原子，它们主要由空的空间组成，具有行星距离的粒子）或生物（不断同外界环境交换物质）的边界。

在心理学中，自我的边界既是根本的又是不稳定的。前面说过，它是在进化和发展中缓慢地建立起来的，而且永远不完全固定。它发源于本体感受的经验和物体的形象，但在"我"、"汝"、"它"定名之前不可能完全确立自我识别。精神病理学指出了自我的边界既太流动又太固定的矛盾。不同信仰结合的知觉过程、泛灵论的感觉、妄想与幻觉，等等，使自我的边界不能肯定；但在他自己创造的世界之中，精神分裂症患者生活"在一个壳体里"，完全象动物生活在以它们自己的组织为界的世界的"肥皂泡"里（斯契勒〔Schiller〕，1957年）。与动物的有限的"周围世界"不同，人是"与世界相通的"或者拥有一个"宇宙"；就是说，他的世界大大超越生物的束缚以及甚至他的意识的限制。对他来说，"包裹起来"（罗伊斯〔Royce〕，1964年）——从专家到神经病患者，极端

的时候到精神分裂症患者——有时是一种致病的对潜在可能性的限制。这些都以人的符号功能为基础。

符号的活动

"除去生物需要的即时满足，人生活的世界不是事物的而是符号的世界"（贝塔兰菲，1956年a）。我们也可以说，区别出人类文化与动物社会的各种物质的、非物质的符号的宇宙是人类行为系统的一个部分，而且很可能是最重要的部分。问人是不是理性的动物可能有道理；但他肯定完全是一个创造符号并受符号支配的人。

使用符号是生物学家（贝塔兰菲，1956年a；赫里克，1956年）、巴甫洛夫学派生理学家（"第二信号系统"）（刘里亚〔Luria〕，1961年）、精神病学者（阿普尔拜、斯契尔与克明斯，1960年；阿莱蒂，1959年；戈尔德斯坦，1959年）、哲学家（凯西利尔，1953～1957年；兰格尔，1942年）全都承认的人类的唯一准则。由于机器人哲学的优势，甚至在主要的心理学课本中也找不出这一点。但可以肯定就符号的功能而言，"动物的动机作为人的动机的模型是不够的"（阿尔波特，1961年，第221页），而且不象弗洛伊德的本能理论所说，人的个性不是三岁左右完成的。

符号活动的定义不在这里讨论，作者在别的著作里有所阐述（贝塔兰菲，1956年a与1965年）。完全可以说，可能用于表示人类行为的一切概念都是符号活动的结果或不同方面。文化或文明；创造性的感觉对应于被动的感觉（默里，阿尔波特），外界事物与自身两方面的客观化（瑟姆〔Thumb〕，1943年），自我－世界统一体（纽汀〔Nuttin〕，1957年），抽象与具体的层次（戈尔德斯坦，1959年）；有过去与未来，"时间约束"，对未来的预期；真实的（阿里士多德的）目的性（参看第3章），作为自觉计划的意图（阿尔波特，1961年，第224页）；怕死，自杀；意志与意义（弗兰克尔，1959年b），从事自身满足的文化活动的兴趣（阿尔波特，

1961年，第225页），理想主义者为（也许无望的）道义献身，殉道；“促进对成熟动机的信赖（阿尔波特，1961年，第90页）；自超越；自主，无冲突的自我功能；本质的攻势（贝塔兰菲，1958年）；意识，超自我，自我的理想，价值，道德，掩饰，真理与谎言——所有这些都从创造性的符号世界的根上产生，而且因此不能简化为生物动力，精神分析的本能，满足的增强或者其它的生物因素。生物的人的价值和特定的人的价值之间的区别在于，前者关心的是个体的维持和种的生存；后者往往关心符号的世界（贝塔兰菲，1959年与1964年c）。

因此，人的精神紊乱一般都包含符号功能的失常。作为神经病的一种“新的假设”，库比叶（Kubie，1953年）正确地把两种精神病理学过程区别开来，一种是“通过幼年大量积累的经验的歪曲性影响而产生”，另一种是“存在于对符号功能的歪曲的过程。”精神分裂症的失常基本上也是在符号的层次而且可以有许多不同的形式：联想结构的松散，自我边界的瓦解，语言与思想的紊乱，思想的凝固化，非符号化，原始的思维，以及其它等等。我们可以看阿莱蒂（1959年）和戈尔德斯坦（1959年）的讨论。

结论（决不是普遍接受的）是精神疾患是人所特有的现象。动物在行为上可以表现出（以及我们根据神入经验所知道的一切）各种知觉的、运动的与情绪的失常，幻觉，梦，错误反应，等等。动物不可能有符号功能紊乱这种精神疾患的主要成分。动物不会有思想失常，不会有关于崇高或受迫害的妄想，等等，道理很简单：没有思想作为开始点。因此，“动物神经病”只是临床实体的部分模型（贝塔兰菲，1957年a）。

这是最终的理由，说明为什么人的行为与心理学不能降低为体内平衡的恢复，生物动力的冲突，不满足的母亲－婴儿关系之类的生物概念。另一个结果是在症状学与流行病学这两方面，精神疾患都取决于文化。精神病学具有生理-心理-社会学的结构的说法只不过是同一个事实的另一种表达。

同样理由，人的奋斗不仅仅是自实现；它指向客观目标和价

值的实现(弗兰克尔，1959年a，1959年b、1960年)，这意味着正是以某种方式脱离其创造者的符号实体(贝塔兰菲，1956年a；也可参看1965年)。或许我们可以冒昧地下个定义。生物动力和符号价值系统之间可能有冲突；这是精神神经病的情况。或者符号世界之间有冲突，或者丧失价值导向以及个体有无意义的体验；这是存在主义的或者“新生”神经病发作的情况。同样考虑适用于少年犯罪这样的“性格错乱”——这与它们的精神动态不同，来自价值系统的崩溃或腐蚀。在其它事物当中，文化是一个重要的精神-卫生学的因素(贝塔兰菲，1959年与1964年c)。

系统——新的概念框架

前面介绍了系统理论概念的初步知识，这里可以归纳为一个意思：这些知识为精神病理学提供了一个首尾一贯的框架。

精神疾患本质上是精神物理学上的生物的系统功能的紊乱。因此，孤立的症状或综合病症不能确定病的实体（贝塔兰菲，1960年a)。且看精神分裂症的标准症状。“联想结构的松散”（E.布留勒）和没有拘束的联想链；“华美的”诗与修辞中有类似的例子。听觉的幻觉；“声音”要圣女贞德去解放法国。敏锐的感觉；圣特雷萨之类的大神秘主义者报道了同样的经验。幻想世界的建筑；科学的建筑超过任何精神分裂症的建筑。这不是玩弄“天才与疯狂”的主题，这样容易说明差异不能用单一的准则而必须用综合来说明。

精神病学上所说的紊乱用系统功能可以很好地说明。谈到认识，正如现象学派与存在主义学派（例如梅〔May〕等人的合著，1958年）所精辟描述的，这个精神病人的世界，是“他们头脑的产物”。但我们正常的世界也是由情绪、动机、社会、文化、语言等等因素同知觉本身混合形成的。错觉和幻觉，以及至少在梦中出现的妄想，是每一个健康的人都有的；错觉机制甚至在守恒性现象中起重要的作用，没有这种现象就不可能有连贯的世界图象。

正常状态与精神分裂症的显著不同不在于正常知觉是实际"是什么"的一面平面镜，而是精神分裂症具有失去控制的、分裂了的主观元素。

以上说明适用于符号层次。例如，地球以不可想象的速度在宇宙中运行，或者一个固体大部分由空的空间组成，交错着具有天文距离的能量微点，这样的科学观点同所有日常经验与"常识"矛盾，而且比精神分裂症的"世界图样"更富于幻想。不过科学观点是"真实的"——亦即符合一个整体的模式。

同样的考虑适用于动机。自发性概念画出了边界线。正常动机是指自发的活动，行为的综合，对变动的情况的适应性和可塑性，符号的预期的自由使用，决策，等等。它强调功能的分层，特别是在生物层次之上有符号层次。因此在生物的"自发活动"原理之外，系统理论中最基本的应是"人类的""符号功能"原理。

因此一个人的精神是否健康的答案最终由他是否具有一个在一定的文化框架之内保持一致的完整的世界来决定（贝塔兰菲，1960年a）。至此我们可以看到，这个准则包括了同正常情况相比的一切精神病理学现象，并且为依存于文化的精神标准留出了余地。文化人类学者（本尼迪克特〔Benedict〕，1934年）曾经指出，在一种文化里比较协调的东西，在另一种文化里可能是病态的。

这个概念对于心理疗法有确定的含义。如果精神物理的生物是一个主动的系统，职业疗法和辅助疗法就是明显的结果；激发创造的潜力比消极的调节重要得多。如果这些概念正确，比"挖掘过去"更重要的应是了解当前的冲突，目的是要重新综合，同时要指向目标和未来，即符号的预期。当然这是对根据"个性是系统"的观点的心理疗法的目前趋向的解释。最后，如果目前的许多神经病是出自于生活无意义的"存在主义的"性质，那么"言语疗法"（弗兰克尔，1959年b）亦即在符号层次的疗法比较适用。

因此为了不致于跌入"此外别无其他"的哲学和贬低其它概念的陷阱，关于个性的系统理论为心理学与精神病理学提供了坚实

的基础。

结　论

心理学和精神病学中的系统理论不是一种戏剧性的结局或者新发现，而且如果读者有记忆错觉，我们不加反驳。我们是想说明这个领域里的系统概念并非玄想，并不想硬将事实塞进流行理论的紧身衣，也与行为学者害怕的"精神论的拟人说"无关。但系统概念同机器人理论是完全相反的，它提出了更真实的（而且因而更尊严的）人的形象。另外，它给科学的世界观留下深远的后果，这些后果现在只能作如下的概括：

（1）系统概念提出的理论框架在精神物理学上是中性的。行动潜力、化学传导、神经网络等物理与生理学的术语不能用于精神现象，同时心理学的概念更不能用于物理现象。上面讨论的系统术语和原理可以用于这两个方面的事实。

（2）这里不讨论精神-肉体的问题，本文作者另有研究（贝塔兰菲，1964年a）。我们只能概括地指出，物质与精神、外界客体与内在自我、头脑与意识等的笛卡儿二元论，无论从直接的现象学的经验还是从现代各个领域的研究来看，都是不对的；这是十七世纪物理学中概念化出来的东西，尽管目前仍有人用于讨论（胡克，1961年；斯契尔，1962年），却已经过时。从现代的观点，科学不能作形而上学的说明，不论是唯物主义的、唯心主义的、或者实证主义的感觉材料型的。那是产生形式结构中经验的某些有限方面的概念产物。行为理论和心理学理论在形式结构上应当相似或者有同型性。系统概念可能是这种"共同语言"的第一个开始（坦纳尔与英希尔德，1960年，其中对皮亚格与贝塔兰菲的比较）。到遥远的将来这可能导致一个"统一的理论"（怀特，1960年），从中最终可以引伸出物质与精神、意识与无意识的方面。

（3）在已经建立的框架中，自由意志或决定论的问题也获

得了新的、确定的含义。这是一个假问题，来自认识论与形而上学的经验的各个不同层次的混淆。我们感觉自己是自由的，简单原因在于因果关系范畴不能用于直接或即时的经验。因果关系是一个用来使由符号再现的客观经验有序化的范畴。对于后者，我们想说明精神与行为现象是由因果关系确定的，而且越来越逼近地做到这一点，办法是考虑更多的动机因素，改善概念模型，等。如动机研究者和统计学者所知，意志不是确定了的，而是可以决定的，特别是在类似机器的、普通的行为方面。但是，因果关系不是形而上学的必然性，而是使经验成为有序的一种工具，而且存在别的相等或更高地位的“观点”(第10章)。

(4) 同认识论问题分离出来的是责任的道德和法律问题。责任通常在一定条件下社会公认的价值的符号框架之中判断。例如，认为“如果犯罪者分不出对与错”可以原谅的姆纳顿(M'Naghten)规则实际是说罪犯的符号理解力消失时可以不受惩罚；因此他的行为仅由“动物的”动力决定。杀人在社会通常状态的符号框架中作为谋杀是被禁止，并且要处罚的，但在战争的不同价值框架中是受命行事(而且不执行命令要责罚)。

10、范畴的相对性

沃尔夫的假设

在人类学的最近发展中，已故的本杰明·沃尔夫(Benjamin Whorf)提出的观点引起最多的关注和争议。

沃尔夫的假设是，

> 一般人认为人类的认识过程具有一种先于、独立于语言联系而作用的共同的逻辑结构，这是错误的。沃尔夫认为语言模式本身决定个人在世界上发觉什么以及对此有什么想法。由于这些模式有很多变化，使用不同语言体系的集团有特定的思想与知觉方式，导致根本不同的世界观（费尔林〔Fearing〕，1954年)。
>
> 由此我们得出一个新的相对性原理，认为所有观察者虽然遇到同样的物理证据但描出的宇宙的图画不同，除非他们的语言背景相同……。我们经常把事件的分布与流程分解和组织起来是因为通过母语我们是同意这样做的协议一方，并不是因为自然本身就真是按大家看到的那样分割的（沃尔夫，1952年，第21页)。

例如在印-欧语言中名词、形容词与动词是基本文法单位，句子是这三部分的组合。这种同它的特性与积极或消极行为分离的持续实体的型式对西方思维的范畴是根本性的——从亚里士多德的“本质”、“属性”与“作用”的范畴到物理学的物质与力、质量与能量的对立。

在诺特卡（温哥华岛）或胡毕的印第安语言没有几种词类，也没有独立的主语和述语。它们把事件作为整体来表示。我们说，"一道光闪亮了"或者"它（一个含胡的拟人化的实体）闪亮了"，而胡毕语使用一个词"闪亮（出现了）。"

可能对这类语言有必要使用数理逻辑的方法。用普通逻辑表示法能不能表现诺特卡语与胡毕语这类语言的语句呢？或者逻辑表示法本身是不是印欧语言结构的形式化？这个重要的课题还没有人研究。

印欧语言强调时间。按沃尔夫的说法，语言与文化之间的相互影响"导致保存记录、日记、因会计的鼓励而产生的数学；导致出现日历、钟表、年表、物理学所用的时间；导致历史的态度、对过去的兴趣、考古学，等等。值得将这些同斯宾格勒关于时间在西方世界图画中的重要作用的概念进行比较——他从不同角度出发得到了相同的结论。

但在胡毕语中，不存在过去、现在、将来之间的、在我们看来不言而喻的差别。胡毕语没有时态差别，而有：事实、记忆、预期、或习俗。没有"他跑"、"他在跑"、"他跑过"的区别，只用一个wari（"发生了跑"）来表示。预期则用warinki（"跑发生；〔我〕敢说"），把"他要、将、应、会跑"都包括在内。但如果表示一般规律就用 warikngwe（"有特征地发生了跑"）（拉巴雷〔La Barre，1954年〕）。胡毕语"没有那种把时间当作一个平滑流动的连续统，宇宙间每一事物以相等速度从未来经过现在到过去的概念或直觉（沃尔夫，1952年，第67页）。胡毕语不用我们的空间与时间范畴，它只区别"明显的"和"不明显的"。前者都是能感觉的，不分现在与过去；后者包括未来与我们叫做精神的东西。纳伐霍语（参看克勒抗与莱顿〔Kluckhohn and Leighton〕，1951年）有一点点时态；它的重点在活动的类型，因此区分出持续的、完成的、经常的、反复的、重复的、迭代的，祈愿的、半事实的、瞬时的、进行的、过渡的、欲求的，等等行动的样式。其差别可以明确如下：英语（一般地还有印欧语言）最关心的是时间，胡毕

语最关心的是确实，纳伐霍是活动类型（克勒抗教授的个人通信）。

沃尔夫提问：

> 方程里没有t(时间)，物理学怎么建立呢？我看完全可以，当然必须有不同的思想体系，而且也许还要求不同的数学。当然，v(速度)也必须消逝(1952年，第7页)。

可以再次指出，没有时间的物理学实际是存在的，它的形式是希腊的静态物理学。对我们来说，它是更大的动态系统的一部分，是$t\rightarrow\infty$的特殊情况，即时间趋向无穷大而从方程中消除。

至于空间，印欧语言广泛运用空间隐喻来表示非空间关系：持续时间的长、短；强度的重、轻、高、低；趋势的接近、升、降；educo、religio、comprehendo 等拉丁语用作隐喻式的空间（贝塔兰菲认为更正确些应叫做物质的）参考：引出、拴回、抓住，等等。

这不适用于胡毕语，因为那里比较物质的东西都用心理学的隐喻。因此胡毕语的"心"字是从有"思想"或"记忆"的意思的字根产生的后来的形式。按沃尔夫的说法，胡毕语能够通过实际或观察的含义正确说明与描述宇宙间一切能观察的现象。但是，暗含的形而上学完全不同，那是一种泛灵论或活力论的思维方式，同神秘的一体经验接近。

因此沃尔夫认为，"牛顿的空间、时间与物质不是直觉。它们是从文化和语言产生的。"（1952年，第40页）。

> 正如在欧几里德几何学之外，还可能有无数几何学都同样能给出完整的空间构造一样，对宇宙的描述也是如此，不包含我们熟知的时间与空间的对比也同样有效。现代物理学的相对论观点就是这类见解之一，那是用数学术语设想的，而胡毕意识形态则是另一种，完全不同的非数学的、语言学

的（沃尔夫，1952年，第67页）。

因现代科学发展而陷于困境的根深蒂固的机械论思维方式是我们特殊的语言范畴与习惯，而且沃尔夫希望研究语言体系的多样性可能有助于重新评价科学概念。

拉巴雷（La Barre，1954年，第301页）曾生动地概述这个观点：

亚里士多德的本质与属性观很象印欧语中的名词和述语形容词……。近代科学可能提问，康德的形式或时间与空间的双"眼镜"（没有它我们什么也感觉不到）是不是一方面仅是印欧语的动词时态，另一方面是人类的陈规、动觉与生命过程——这可以更经济地用爱因斯坦公式中的光常数c来表示。但我们应当永远记住$E=mc^2$也只是用印欧语系语法的语言范畴表述实际世界的文法概念。胡毕、中国、或者爱斯基摩的爱因斯坦用他的文法习惯可以发现完全不同的认识实际世界的数学概念。

本文不打算象最近某讨论会（霍依杰等，1954年）那样详细讨论沃尔夫提出的语言问题。但本文作者认为所谓的沃尔夫假设并不是某个有点放肆的人的孤立的话。相反，关于语言决定认识范围的沃尔夫假设是认识过程总修正的一个部分。它的基础是有力的现代思维潮流，可以从哲学与生物学找到来源。看来这些联系尚未被认识到应有的程度。

提出的一般问题可以表述如下：我们的思维范畴在多大程度上被生物与文化因素塑造和决定？显然这样说问题超出了语言学的界限而且触及了人类知识的基础问题。

这种分析必须从在康德体系中得到最高表现的古典的、绝对论的世界观开始。按康德的命题，存在空间与时间、所谓的直觉形式以及诸如本质、因果等有理智的人普遍赞成的理智范畴。因

此以这些范畴为基础的科学是同样普适的使用这些先验范畴即欧几里德空间、牛顿时间和严格的决定论因果关系的物理科学，本质上属于古典机械论，因此也是绝对的知识体系，适用于任何现象和任何观察者的心智。

众所周知，现代科学早已发现事情并非如此。这点不用多加说明。欧几里德空间不过是几何学的一种形式，此外还有其它的非欧几何，它们确实有同样的逻辑结构与存在的权利。现代科学描述自然事件使用一切最方便、最合适的空间与时间类型。在中间维度的世界中，欧几里德空间与牛顿时间作为满意的近似得到应用。但来到天文学维度和另一方面的原子事件，就采用量子理论的多维结构空间或非欧空间，在相对论中，空间与时间在闵考夫斯基联合中融为一体，其中时间是四维连续统中的另一个坐标，虽然有某些特点。固体物质这个经验中最突出部分和朴素物理学范畴的最普通的部分，绝大部分是空的，仅仅由许多能量中心交织在一起，而这些中心按照其大小而言是按天文学距离分隔着。质量和能量，即材料与力的范畴对立物的较复杂的数量表示方式，是按照爱因斯坦法则可以互换的一个未知真实的表现。同样，古典物理学的严格决定论在量子物理学中由非决定论或自然法则主要带有统计性质的见解所取代。康德想象的先验的、绝对的范畴剩下没有多少了。附带说一句，康德在他那个时代是打破一切"教条主义"的伟大人物，现在对我们来说是无根据的绝对主义和教条主义的范例，这也是典型的世界观的相对性的例子。

这里提出一个问题，决定人类认识范畴的是什么？尽管在康德体系中，范畴对任何有理性的观察者都是绝对的，而现在已经随着科学知识的进步而变化了。从这个意义上，早期的、古典物理学的绝对论概念已经为科学相对论所取代。

以上讨论的论点归纳如下。知识，日常知识和科学知识范畴，后者最终只是前者的改进，首先取决于生物因素；其次决定于文化因素。第三，尽管有这些过多人类因素的纠缠，从人类的限制中解放出来的绝对知识在某种意义上是可能的。

生物学的范畴相对性

首先，认识决定于人的心理物理组织。我们这里要特别提到雅各布·冯·威克斯科尔(Jacob von Uexküll)以环境学说为题提出的现代生物学的方法。它的内容是，从巨大的现实蛋糕上，每个活着的生物切下一块——他发觉到的一块以及用他的心理物理组织（即感受器官与反应器官的结构）能反应的一块。威克斯科尔和克里斯扎特（Kriszat，1934年）就自然面貌的同一个部分在各种动物眼里是什么状况提出了迷人的描绘；这与沃尔夫就如何按语言型式给世界构建模型的同样吸引人的图画相比美。在威克斯科尔的值得介绍的广泛的行为研究中，这里只选择很少一部分例子。

例如，考虑草履虫这样的单细胞生物。光反应（趋光性）几乎是它的唯一反应方式，借此对很多化学的、触觉的、热的、光的、等等刺激反应。对于没有专门的感官的动物，这种简单的反应足以引导它走向条件最优的区域。草履虫所处环境中的许多东西，例如水藻、纤毛虫、小甲壳动物、机械的障碍物等等，对它来说是不存在的。只是收到一种刺激时才作出逃走反应。

从这个例子可以看出，生物的组织的、功能的设计决定什么东西可以变成"刺激"与"特征"，并对之作出某种反应。按威克斯科尔的说法，任何生物都是从周围客体的复合体上切下一小部分特征，并只对此有所反应，同时正是这些特征的总体构成它的"环境"。对这个特定的生物，其它一切都不存在。每个动物都被一个肥皂泡环绕着，环绕着它的特殊环境，其中充满顺从它的特征。如果重建一个动物的环境，我们进人这个肥皂泡，世界大大变了样：许多特征消失了，另一些特征出现了，发现了完全新的世界。

威克斯科尔描绘了各种动物的无数的环境。例如，他介绍一只壁虱藏在草丛里等待哺乳动物走过好去爬在它的皮肤上吸足

血。信号是所有哺乳动物的皮腺都分泌的丁酸的气味。它沿着这种刺激爬下来；如果落在温暖的身体上——由它的热感器官控制——就说明已经到达它的猎物——温血动物，这时只需要借助触觉找到无毛的地方刺进去。于是壁虱的广阔的环境收缩、变形为只由三种信号组成的狭小的结构。这种结构象灯塔一样闪光，但已足以将动物准确地引至目的地。又如海胆遇到任何阴暗都竖起身上的刺。不管来的是一片云还是一只船，或是真正的敌人——鱼，它都是这种反应。这样，尽管海胆周围有许多不同的物体，但它的环境只有一个特征即光线变暗。

这种环境的组织限制甚至有比上述的例子更加突出的（贝塔兰菲，1937年），它也涉及康德所谓先验的、不可改变的直觉形式。生物学者发现无所谓绝对的空间或时间，这些都取决于进行感知的生物的组织。三个直角坐标等价的三维欧几里德空间通常被等同于经验、感知的先验空间。但甚至简单的细想也能发现，这方面的实验（阿列斯奇[von Allesch]，1931年；斯克拉姆列克[von Skramlik]，1934年，以及其它作者）也证明，视觉和触觉的空间并不是欧几里德空间。在感知的空间里，坐标不相等，上与下、右与左、前与后之间有根本差异。我们身体的组织以及生物接受重力的事实，已经说明水平与垂直的维度并不相等。这是每个摄影师都能指出的简单事实。根据透视法则，我们完全正确地体验到平行线（例如铁轨）在远处收敛。但如果是在垂直维度，我们知道同样的按透视法逐渐缩短的看法是错的。如果是把相机歪过来拍的照，就得到“下降线”，例如，房子的边沿向一起凑。这在透视上和铁道逐渐收敛同样正确；但后一种透视在体验上是正确的，而房子的边沿的收敛体验是不正确的；对这个问题的解释是，人这种生物的环境中有很大的水平延伸，而垂直延伸则是可忽略的。

我们所体验的时间中也有类似的相对性。威克斯科尔采用“瞬息”的概念作为感觉到的时间的最小单位。对于人，瞬息大约是一秒的十八分之一，即，短于这个持续时间的印象就不能单独感知，只能合并感知。显然瞬息这个单位的长短不取决于感官的

条件而是中枢神经系统的条件，因为对不同感官它是一样的。这种闪烁的并合正是电影的原理：画面以快于每秒十八张的次序合并成一个连续的动作。不同物种的“瞬息”时间是不同的。有“慢镜头的动物”（威克斯科尔），它们每秒钟感受的印象比人多。因此，如果利用机械装置使搏鱼在镜子里每秒钟出现十八次，它就看不见自已的形象。至少必须每秒三十次；这时候搏鱼就会进攻它想象的敌人。因此这些小而活跃的动物在每个天文时间单位里要比人消耗更多的印象；时间减速了。反过来，蜗牛是“快镜头动物”。蜗牛爬在颤动的竿上，如果竿每秒钟颤四次，蜗牛觉得它是静止的。

体验到的时间不是牛顿时间。时间完全不是等速流逝的，取决于生理条件。动物与人的所谓的时间记忆决定于“生理钟”。因此蜜蜂按条件反射本应在一定时间到达采蜜场所，如果用了增加或减少代谢率的药物就会早到或迟到（例如，斯坦-贝林〔von Stein-Beling〕，1935年；卡尔姆斯〔Kalmus〕，1934年；威尔〔Wahl〕，1932年；等等）。

经验的时间如果充满印象就会如飞快逝，如果处于单调乏味状态就会慢爬。发烧的时候体温与代谢率增加了，时间就会缓慢进展，因为威克斯科尔规定的每个天文单位的“瞬息”数增多了。与这种时间体验并行的是脑中α波的频率相应增加（霍埃格兰德〔Hoagland〕1951年）。随着年纪增大，时间也走得更快了，也就是每个天文时间单位中经验的瞬息数少了。从而，伤口愈合速度也与年令成反比减慢，心理与生理现象显然同衰老后代谢过程减缓有关（杜诺伊〔du Noüy〕1937年）。

曾经有人试图建立不同于天文时间的生物时间（布洛迪，1937年；贝克曼，1940年；贝塔兰菲，1951年，第346页）。一个办法是使生长曲线同调化：如果用同一公式与曲线表示不同动物的生长过程，时间尺度单位（按天文时间绘制的）应当不同，而且重要的生理变化估计会在曲线的相应点上表现。从物理学角度，可以引入以第二原理与不可逆过程为基础的热动力学时间以

区别天文时间（普里高津〔Prigogine〕，1947年）。热动力时间是非线性的、对数的，因为它决定于概率；同样道理，它是统计时间；同时它是局部的，因为它由某个点上的事件决定。生物时间可能同热动力时间有密切关系。

从药物作用也可以看出经验范畴取决于生理状态。在墨斯卡灵的影响下，例如加强了视觉印象，而且对空间与时间的感觉发生明显变化（参考安斯丘茨〔Anschütz〕，1953年；赫胥黎（1954年）。研究精神分裂症患者的范畴最有意思，而且可能会发现它们大大不同于“正常”经验”的范畴，就象梦境经验的范畴一样，

即使是自我与非自我的区别这样最基本的经验范畴也不是绝对固定的。这在儿童的发育中是逐渐演进的。在“发现无生命的事物的”文艺复兴之后原始人的泛灵论思维（这在亚里士多德的理论中仍然有效，其中每一件事物都“寻找”它的自然位置）和西方人的思维之间有了本质差别（斯卡斯尔〔Schaxel〕，1923年）。在诗人的神人世界观当中，在心醉神迷和酒醉状态下，客观与主观的区别也是不存在的。

并不是天生就可以认为按我们的“正常”经验判断的世界（即按二十世纪欧洲的普通成年人的经验）就是“真”的，而认为其它一切同样真实的经验都是反常、幻想或者顶多不过是原始人对我们的“科学”世界的幼稚看法。

这些问题的讨论不难扩展开去，但对我们的主题比较重要的部分已经明确。经验范畴或康德所说的直觉形式并不是普遍先验的东西，而是决定于经验着的动物（包括人）的精神物理组织和心理条件的。这种从生物学角度出发的相对论和从文化与语言角度出发的范畴的相对论是有趣的平行现象。

文化的范畴相对性

现在来谈第二点，范畴对文化因素的依存性。前面说过，范

畴对语言因素的依存性的沃尔夫命题是过去五十年间发展起来的文化相对论的总概念的一部分；虽然这样的提法也不尽正确，因为洪包德（Wilhelm von Humboldt）已经强调过我们的世界观对语言因素与语言结构的依存性。

看来这个发展是从艺术史开始的。本世纪初，维也纳的艺术史家里格尔（Riegl）发表一篇关于后期罗马工艺美术的博学而冗长乏味的论文。他采用了一个可以翻译成"艺术的意图"的概念（Kunstwollen）。原始艺术的非自然主义性质被认为不是缺少技巧或窍门的结果，而是不同于我们的艺术意图的表现，对逼真地再现自然不感兴趣。后期古希腊时期的古典艺术的所谓退化也是同样情况。这个概念后来被沃林格（Worringer）扩充了，他证明艺术风格与古典准则迥然不同的哥德式艺术不是技术上无能的结果，而是由于有不同的世界观。并不是哥德式雕塑家与画家不懂得如何正确地表现自然，而是他们的意图不同，方向不是表现派艺术。这些理论同现代艺术中的原始主义与表现主义的联系就不用说了。

我想再举一个别的例子来说明上述现象，这个例子很有教益，因为它与表现派艺术同表现主义、客观同抽象艺术的对立无关。这是日本木刻史中的情况。

近代日本画使用平行透视法，不同于文艺复兴以来欧洲艺术作用的中心透视。大家都知道有关透视的荷兰书籍到十八世纪末才传入日本，并且浮世绘（版画）大师们对它进行了认真的钻研。他们把透视法作为表现自然的有力手段，只在一个比较微妙的范围内。欧洲画使用中心透视，从一个焦点表现图画，从而平行线在远处收敛，而日本画只用平行透视；即这是一种焦点在无限远处的投影方法，因此平行线不相交。应当肯定，后来对欧洲现代艺术有相当影响的北斋、广重等日本著名艺术家决不是缺乏技巧。使用一种已经交到他们手里的现成的艺术方法对他们当然不会有困难。我们宁愿推测他们是因为感到取决于欣赏者角度的中心透视法有点因人而异而且有偶然因素，在欣赏者改变位置时即

不能表现现实。同样道理，日本艺术家从不画阴影。这当然不是他们看不到阴影或者太阳出来的时候躲进荫凉地去了。他们不愿意画；因为阴影不属于事物的实际内容而只是变动的外观而已。

由此看来艺术创造的范畴取决于涉及的文化。众所周知，斯宾格勒把他的命题扩充到包含认识范畴了。按他的观点，所谓的先验，除包括一小部分人类普遍的、逻辑上必要的思维形式之外，也包含对整个人类并非普遍而必要、只涉及特定文明的思维形式。因此作为人类特定集团的特征，存在各种不同的"认识类型"。斯宾格勒不反对逻辑的形式规律或经验的事实普遍有效，但他主张科学和哲学中先验内容的相对性。斯宾格勒正是在这个意义上说明了数学和数理科学的相对性。数学公式本身具有逻辑的必然性；但它们赖以表达意义的具体可见的解释是创造这些公式的文明的"灵魂"的表现。从这点看，我们看到的科学的世界只有相对的真实性。它的基本概念，例如无限空间，力、能，运动，等等，是我们西方思维方式的一种表现，对于其它文明的世界图象并不成立。

作为斯宾格勒的文化的范畴相对论的主要基础的分析是他的著名的阿波罗式的人和浮士德式的人的对比。按他的说法，古代阿波罗式的思维的原始符号是个人的物质、身体的存在；而西方浮士德式思维的符号是无限空间。因此对希腊人来说，"空间"是无（mé ón）因此阿波罗式的数学是可见量的理论，它的顶点是测量体积的方法和几何构造，这些在西方数学中是不太重要的初级课题。相反，由无限空间的原始符号支配的西方数学的顶峰是微分学，是多维空间几何学，等等，这些看不见的东西希腊人完全不能理解。

第二个对照是西方思维的动态特征和希腊的静态特征。因此对希腊物理学家来说，原子是小型的可塑体；对西方物理学来说，它是能量的中心，向无限空间辐射作用。与此有联系的是时间的含义。希腊物理学没有时间维度，这是因为那是静态物理学。西方物理学密切注意事件的时间过程，熵的概念可能是系统

中最深刻的概念。西方的思维出于对时间的关心，进一步又特别重视历史，表现在时钟的支配性影响之中，表现在个人传记、在从编史到文化史到人类学的“世界史”的无数观点、生物进化、地质史、最后还有宇宙的天文学史的“世界史”的巨大透视之中。同样的明显对照再一次表现在心灵的概念之中。静态的希腊心理学想象的是一个和谐的灵魂一肉体，它的“各部分”按柏拉图的说法是理性（logistikón）、感情（thymoeidés），和精神专注（epithymetikón）。动态的西方心理学想象的是一个灵魂空间，各种心理力在其中相互作用。

排除斯宾格勒的形而上学与直观方法，不考虑有问题的细节，那么就很难否定他的关于文化范畴相对性的概念基本上是正确的。只须回忆伊利亚特的头几行，特洛伊战争的英雄们说他们自己成为猎狗和鸟的猎物，这里的“自己”实质上是身体或体质。拿这点同笛卡儿的“我思故我在”相比，阿波罗式的思维和浮士德式的思维的对立很明显。

德国历史哲学家关心的是少数高级文化，而现代特别是美国人类学的标志与优点是考虑到人类“文化”的整个领域，包括原始人表现的多元性。因此文化相对论的理论有更广泛的基础，但值得注意的是，所得到的结论很象德国哲学家的结论。特别是，沃尔夫的命题基本与斯宾格勒的相同——一个的基础是原始部落的语言学，另一个的基础则是历史上少数高级文化的概观。

所以完全有根据肯定认识范畴首先决定于生物因素，其次决定于文化因素。以下的表述方式可能是恰当的。

我们的感知本质上由我们特别的人类的、精神物理的组织决定。这实质是威克斯科尔的命题。语言范畴，一般来说文化范畴，不能改变感觉经验的潜力。但它们能改变统觉即集中与强调哪些经验到的现实的特征，以及哪些只是暗中起作用。

在这个说法里没有什么神秘或特别矛盾的东西，相反，是很平凡的；对沃尔夫、斯宾格勒等人的以及类似的命题的争论中常有的热情也没有显示支持。假设在显微镜下面研究有机组织。观

察的人如果不是色盲，会看见使用组织染剂给出的相同的画面、各种形状和色采，等等。但他实际看到的是什么，亦即什么是他的统觉(以及什么是他能传达的)，主要决定于他有没有受过训练。对门外汉那不过是形状和色采的大杂烩，组织学家则能见到有各种成分的细胞，不同的组织，以及恶性肿瘤生长的迹象。同时甚至就是这些也取决于他的兴趣与训练水平。细胞化学家可能注意细胞质中的颗粒，对于他来说表示某些化学上确定的内含物；而病理学家可能完全不管这些细微差别，他"看见"的是肿块渗透了器官。因此看到什么取决于我们的统觉、取决于我们注意及兴趣所在，而这些又是由训练决定的，亦即由我们用以表示和归纳现实的语言符号决定的。

从不同观点研究同样的事物时似乎这件事物完全不同了，这是很平常的事。同一张桌子在物理学家眼里是电子、质子、中子的聚集，在化学家眼里是某些有机成分的组合，在生物学家眼里是木细胞的复合体，在艺术史家眼里是巴罗克艺术风格的体现，在经济学家眼里是一定货币价值的效用，等等。所有这些观点都有同等的地位，谁也不能认为自己的看法有更多的绝对价值（参见贝塔兰菲，1953年b）。或者再举一个稍微不平常的例子。可以从各种观点来研究有机体的形式。类型学认为它们是不同组织计划的表现；进化论认为它们是历史过程的产物；动态形态学认为是过程与力的活动的表现，从中可以找出数学规律(贝塔兰菲，1941年)。这些观点都完全合理，谁也不能说谁不对。

这些专门领域的例子中的明显结论同样适用于我们在总的世界图象中发现的现实的特性。科学发展的一个重要趋势是"看到了"过去从未注意的新的方面，即这些方面成了注意和统觉的焦点；在另一方面，妨碍认识本来完全明显的现象的某些理论概念的护目镜也明显存在。科学史有很多这类例子。例如，有一种片面的"细胞病理学"的理论眼镜妨碍我们认清生物整体中存在调节的关系，生物并不简单是细胞的总和或聚集；希波克拉特已经发现这些关系，后来现代的激素理论和体细胞型理论等又重新加以阐

述。由偶然突变与选择理论指导的现代进化论者看不到生物显然决不只是一堆偶然凑在一起的遗传特征或基因。机械论的物理学者看不到颜色、声音、味道等所谓的第二性质，因为这些东西不符合他的抽象模式；尽管这些性质和质量、不可入性、运动等被假设为基本的"第一性质"同样"真实"，按现代物理学的证明，它们的形而上学的地位同样可疑。

对同一情况还有一种可能的表述，只是强调的面不同。感知一般地说属于人，由人的精神物理装备而定。概念化受文化限制，因为它取决于我们使用的符号体系。这些符号体系主要决定于语言因素、所用语言的结构。技术语言，包括数学的符号表示，归根结底是日常语言的顶点，因此不可能独立于语言的结构。当然，这不是说数学的内容只在某个文化之中是"真的"。它是一个具有假设-演绎性质的同义反复体系，因此接受前提的任何有理性的人都必须同意它的全部推论。但哪些方面或情况要数学化取决于文化内容。完全可能，不同的个人与文化对选择某些方面、忽略另一些方面，是有不同偏爱的。因此，例如希腊人关心几何学问题，西方数学则关心微积分（如斯宾格勒所说）；因此出现了数学的非正统领域，例如拓朴学、群论、对策论等等，它们不符合数学是"数量的科学"的流行概念；因此个别物理学者偏爱"宏观的"古典热力学或"微观的"分子统计学，偏好矩阵力学或波力学，以研究同一现象。或者更一般地说，分析型思维关心所谓"分子的"解释，即将现象分解与还原为基本成分；整体型思维关心"克分子的"解释，即关心支配现象整体的规律。科学中用一个方面反对另一方面造成许多危害，例如分解为元素的方法就忽视与否定明显的、很重要的特征；又如整体方法又否定分析的重要性与必要性。

顺便可以说说，语言与世界观之间的关系不是单方向而是交互的，这是个沃尔夫可能没有完全弄清的事实。语言结构可能决定对哪些现实的性质进行抽象，从而确定思维范畴具有什么形式。另一方面，世界观决定语言形式。

从古典拉丁语到中世纪拉丁语的进化是很好的例子。哥特式的世界观再创造了一种古代的语言，这在词汇方面和语法方面都是如此。经院派发明了一群单词，这在西塞罗的语言的立场来看是暴行（文艺复兴的人文主义者在他们的信仰复兴斗争中深深感觉到了）；引入leonitas、quidditas等等单词来适应有形思维的罗马人头脑不熟悉的抽象方面。同样，虽然遵守表面的语法规则，也能看出思路与构造大大改变了。修辞方面也是如此，采用了与古典韵律不同的尾韵。将赞美诗"最后审判日"的庞大诗行同维吉尔或贺拉斯的诗节进行比较，显然不仅不同的"世界感情"之间有极大差距，由后者决定的语言也有很大差别。

透视的观点

在说明经验与认识范畴的生物与文化相对性之后，我们在另一方面可以指出这种相对性的局限性，从而探究一开始提到的第三个题目。

相对论常被用来说明知识的纯粹因袭的、功利主义性质，并且怀着它最终将无用的情绪。但我们不难看到并不一定有这种结果。

这种讨论的适当的出发点是与我们前面谈过的"环境学说"有联系的、威克斯科尔(Von Uekküll)提出的有关人类知识的观点。按他的说法，人类经验与知识的世界是生物的无数环境之一，同海胆、苍蝇或狗的世界相比并不是独一无二的。甚至从电子、原子直到星系的物理学世界仅是人类的产物，决定于人类的精神物理组织。

但这种概念并不正确。从经验和抽象思维、从日常生活和科学看来都是如此。

谈到直接经验，决定于有关物种的生物生理组织的感知范畴不可能完全是"错误的"、偶然的以及任意的。相反它们必定以某种方式、在某种程度上符合"现实"——不论这在形而上学是指什

么。任何生物，包括人，都不只是观众，不会只是看看世界，自由地采用不论有多大歪曲的眼镜，诸如关于上帝、生物的进化、文化的“灵魂”、语言等的狂想，放在他的隐喻的鼻子上。他是一个反应者，是戏剧里的演员。生物必须用它天生的精神物理装备去反应从外界来的刺激。威克斯科尔所说的刺激、信号与特征有一个范围。但是，它的认识必须允许动物有在世界上生活的独特道路。但如果空间、时间、本质、因果等经验范畴都靠不住，这一点就做不到了。经验范畴在生物进化的过程中出现，而且必须在生存斗争中不断地肯定自己。如果它们不能以某种程度符合现实，适当的反应就不可能，这种生物很快会被选择消灭。

用拟人的说法：各有自己的错觉的精神分裂症患者在一起可以相处很好；但完全不能反应与适应外界的真实情况，这正是他们被送进收容所的原因。或者用柏拉图的比方：地窖里的囚徒只见影子而看不见实际事物；但如果他们不仅看戏，而且参加演出的话，影子就必定是真实事物的某种程度的代表。这看来是从柏拉图到笛卡儿、康德的古典西方哲学的最严重缺陷，他们主要把人当作观众(ens cogitans)，而他由于生物学的原因，实质上是他所在世界的演员(ens agens)。

洛仑兹（1943年）曾经令人信服地指出，经验的“先验”形式具有与本能行为的固有图式同样的性质，动物依此对外界作出反应：伙伴、伴侣、子女或父母、猎物或捕食者、以及其他情况。它们的基础是心理生理机制，例如对空间的感知的基础是双目的视觉、视差、睫肌的收缩、对象进退时的大小变化等等。直觉与范畴的“先验”形式是感官功能，基础是感官与神经系统的肉体的、甚至和机器一样的结构，这都是几百万年进化的适应结果。因此它们完全以同样方式、同样理由符合“实际的”世界，例如马蹄适合干旱的陆地，鱼鳍适合于水。如果认为人的经验形式是独一无二的可能形式，对任何有理性的生物都有效，那是荒谬的拟人说。另一方面，由几百万年生存斗争证明了的、经验形式作为某些适应装置的概念，保证了“现象”与“真实”之间存在充分的相应

关系。任何刺激都不是作为刺激，而是作为生物对刺激的反应来经验的，因此世界图象由精神物理的组织决定。但是草履虫利用它的趋光性作出反应的地方，世界观完全不同的人使用显微镜也能实际发现障碍物。同样，完全可以说出哪些经验符合实际，哪些不符合——可比显微镜视域带色的边缘而未消色差校正。因此匹莱特的问题，“什么是真理?”应当这样回答：动物与人类仍然存在的事实即已证明它们的经验形式在某种程度上是符合实际的。

据此可以把上面故意不太精确地说明的内容明确为一句话：经验必须“以某种方式”符合“不论作什么解释的现实”。不要求经验范畴完全符合实际世界，更不要求它们完全代表世界。选择比较少的刺激作为指导信号就够了——这正是威克斯科尔的命题。作为这些刺激的联系即经验范畴，它们不用反映实际事件的连结，但必须在一定允许误差的范围内与之同形。由于上述生物学的原因，经验不可能是完全“错误”或者任意的；但另一方面，只要在经验的世界与“真实的”世界之间存在一定程度的同形性，以便经验能够指导生物维持生存，就足够了。

再用一个比方：“红色”信号不等同于它所表示的各种危险，例如开过来的汽车、火车、行人等。但它完全可以表示它们，因此“红色”与“停止”同形，“绿色”与“通行”同形。

同样，感知与经验范畴不一定反映“真实”世界；但它们必须与之同形，而且要达到能指向以及生存的程度。

但这些演绎的要求正是我们实际发现的。空间、时间、物质、因果等流行的直观形式和范畴在“中间维度”的世界中工作得很好，人这种动物从生物学角度是完全适应这个世界的。在这些地方，以这些可见的范畴为基础的牛顿力学与古典物理学是完全够用了。但如果我们进入人这种生物不适应的宇宙，它们就垮台了。原子维度和宇宙维度这两个方面都是这种情况。

现在来到科学的世界，威克斯科尔的仅是无数生物环境之一的物理世界的概念就不正确或至少不完全了。这里出现的一个最

明显的趋势是所谓科学的逐渐非拟人化（贝塔兰菲，1937年，1953年b）。非拟人化过程发生在三个主要方面。

逐渐非拟人化是科学的主要特征，即，逐渐消除特别因人的经验才产生的那些性质。物理学必然从眼、耳、热感官等感觉经验开始，从而建立与感觉经验相应的光学、声学、热理论等学科。但这些领域很快合并，以致同“具体形象”或“直觉”失去联系：光学与电学合为电磁理论，力学与热理论合成统计热力学，等等。

这种进步借助于人工感官的发明与用记录仪器代替人的观察。物理学虽是从日常经验开始，但很快因人工感官扩大经验世界超过了日常经验。例如因此不仅能看见波长在380至760毫微米之间的可见光，发现了从最短的宇宙线到几公里波长的无线电波的整个电磁辐射区域。

因此科学的一个功能就是扩大可观察的范围。应当强调，与机械论观点不同，我们不能通过这方面的扩大又进入另一个形而上学的王国。相反，我们每天体验的周围事物，显微镜下见到的细胞，电子显微镜看到的大分子，以及威尔逊室中以间接、复杂的方式追踪“看见”的基本粒子，都不属于不同程度的现实。认为原子与分子（同漫游物理学奇境的爱丽思谈话）比苹果、石头与桌子“更真实”是机械论的迷信。物理学的最终的粒子不是在观察结果后面的形而上学的现实；它是我们用适当的人工感官扩充用自然感官的观察。

但总而言之这导致消除特定的人的精神物理组织的限制，而且在这个意义上，导致了世界图象的非拟人化。

这个发展的第二个方面是所谓的研究的趋同（参考巴温克〔Bavink〕，1949年）。物理学的常数往往被当作只是最经济地描述自然的普通手段。但研究的进展指出了不同的结果。首先，例如热功当量或电子的电荷等常数在不同的观察者眼里结果变化很大。因此随着技术的改进，逐渐趋近“真”值，以致依次的测定值只能不断对原先测定的值作愈来愈小的小数位的改变。不仅如

此：洛斯契米特数之类的物理常数不是由一种方法而是由二十种相互无关的方法确定的。从这点看，不能认为它们只是经济地描述现象的简单的常规；它们表现了现实的某些方面，并不管生物、理论或文化的偏向。因此用相互独立的不同方法验证其结果确实是自然科学最重要的工作之一。

但逐渐非拟人化最重要的还是第三个方面。首先，颜色、声音、气味、味道等所谓第二性质从物理的世界图象中不断消失，因为它们由各种特别是人的感觉的所谓比能决定。因此在古典物理学的世界图象中只留下质量、不可入性、广延性等第一性质，这些性质的特点在于是视觉、触觉、听觉经验的共同基础。但然后这些直觉形式与范畴也因与人关系太深而消除。甚至前面提到的古典物理学的欧几里德空间与牛顿时间也不等同于直接经验的空间与时间；它们已经是物理学的构成物。当然现代物理学的理论结构更是如此。

因此，我们人类经验特有的东西逐渐消失。最终存留下来的只是数学关系的体系。

不久之前曾认为相对理论与量子理论的重大缺陷在于它越来越"看不见"，它的结构无法用可想象的模型表示出来。但实际上这正好证明物理学体系已经从我们特有的人的感觉经验的束缚中摆脱出来；保证具有完善形式的物理学体系——还不知这点是否已经做到或者甚至能否做到——不再属于人的环境，而是普适的。

逐渐非拟人化在某种程度上象提起自己辫子想要把自己拔出沼泽的人一样。但这是有可能的，因为符号论有一个独特性质。一种符号体系，一种算法，例如数理物理学的算法符号，有其生存的根据。它已经成为一种思维机器，一旦输入适当指令，机器自己就会开动，得出超过原先的事实与规则的、意想不到的结果，因此是原来创造机器的有限的智力所不能预见的。在这个意义上，机器棋手能够战胜它的制造者（阿希拜〔Ashby〕，1952年a），即自动化的符号超过了原来输入的事实与指令。这是任何算法预

测的情况，不论它是任何数学难度上的形式演绎还是对未知化学元素或行星的物理学预测(参看贝塔兰菲，1956年a)。逐渐非拟人化，即用自动算法体系取代直接经验，是这种情况的一个方面。

因此，物理学的发展自然要取决于它的创造者的精神物理组织。如果人看不见光线，只看见我们不可见的谱或x光，那不仅人类环境要变，物理学的发展也会不同。但同样，我们已经发现x光和所有的电磁辐射(借助于适当装置并补充我们的感觉经验)，对具有完全不同的精神物理组织的生物也会是这种情况。假设天狼星上有个聪明的生物或"天使"只能看见x光；他会以相应的方式发现那些对我们属于可见光的波长。但不仅如此：天狼星的天使可能用很不相同的符号体系与理论来计算。但由于完美的物理学体系不包含任何与人有关的特点，相应的东西应当适用于任何物理学体系，应当得出结论说，这些物理学尽管符号体系不同，内容是一样的，也就是说一种物理学的数学关系可以用适当的"语汇"与"语法"翻译成另一种物理学的数学关系。

这种推测并不完全是空想，在某种程度上物理学的实际发展过程中可以看到这种现象。所以古典热力学与分子统计学是使用不同抽象与数学符号的不同的"语言"，但这一种理论的陈述不难翻译成另一种。这一点还有现实意义；热力学和现代信息论显然是类似的同形体系，而且已经在研究完整的翻译"语汇"。

据以上所说，如果只能逐渐达到的、物理学体系的理想状态是绝对的，但我们不应忘记另一个有点正相反的方面。我们的理论体系中掌握的现实的性质从认识论上说是任意的，而且由生物、文化可能还有语言的因素决定。

这点首先并没有重要的意义。爱斯基摩人据说能有30种"雪"的叫法，毫无疑问这是因为对他们来说有必要分得那么细，而我们就不必注意。反过来，许多机器只有外表的不同，我们却能叫出福特、凯迪拉克斯、庞提埃克斯等等名字，而爱斯基摩人可能看不出差别。不过，这点如果用到一般的思维范畴上，重要问题

同样如此。

完全可能，别种结构的有理性的生物选择现实的完全不同的其它性质与方面来构建理论体系、数学体系和物理学体系。可能是用了印欧语言的语法的缘故，我们主要关心可测度的性质，可分隔的单元，等等。我们的物理学不注意所谓的第一性质；它们只残留在物理学体系中，或者留在色循环或三角等生理光学的某种抽象之中。同样，我们的思维方式显然不适于处理整体与形式的问题。因此花了很大气力才把对立于要素的性质的整体性质包括进来——尽管它们也很“真实”。西方物理学的思维方式在我们面对形式问题时会使我们为难——因此这个在生物学中起支配作用的方面，成了物理学的极大难题。

很可能对于没有我们这种生物与语言约束的生物就会有完全不同的科学形式，以及在假设-演绎体系的意义上的数学的形式，处理现实的这些方面比我们的数理物理学强得多的数理物理学。

这一点看来甚至适用于数理逻辑。在这方面，似乎只能涉及用普通语言或数学语言很容易表现的东西的很小一部分。一千年来被认为给出了推理的一般与最高规律的亚里士多德的逻辑，实际上只涉及主语-述语关系的极小的领域。传统逻辑的全有或全无概念缺乏数学分析很基本的连续性概念(参看诺伊曼，1951年，第16页)。可能甚至现代逻辑学者能够公理化的只是可能的演绎推理的很小的一个领域。

很可能我们的逻辑结构主要是由我们中枢神经系统的结构决定的。后者实质上是一台数字计算机，因为神经元是按是或否的决策方式遵照生理学的全有或全无法则行事。与此相适应的是我们希拉克里泰式的对立物的思维原则、二价是或否逻辑、布尔代数、二进制数字系统(实际更方便的十进制系统能换算为二进制，而且现代计算机已经实际换算)。如果中枢神经系统的结构不是数字型而是模拟计算机式的(例如计算尺之类)，不难想象会出现同我们的是与否逻辑对比的很不一样的连续性逻辑。

于是我们得到一个我们叫做透视论的观点(参看贝塔兰菲，1953年b)。同"简化论者"的命题相反——他们认为所有可能的科学与现实的一切方面最终都应当简化为唯一的理论即物理学理论——我们采取更为谦虚的观点。物理学体系是上述意义上的有理性的人所约定的；就是说，经过一个非拟人化过程它接近能够代表现实的某些关系方面。它实质上是适用的符号算法。但是，我们所使用的符号从而现实的某些方面的选择决定于生物与文化因素。物理学体系没有什么唯一性或特别神圣的地方。在我们自己的科学中，其它的符号系统如分类学、遗传学或艺术史等的符号，虽然精确度差得很远，也都同样合法。而且在人类的其它文化中，在非人类的智力中，根本不同的"科学"是可能的，它能够代表现实的其它方面，甚至还优于我们所谓的科学的世界图象。

为什么我们对宇宙的精神的表现往往只是反映出现实的某些方面或景象，可能存在很深奥的道理。至少在西方语言、也可能在任何人类语言中，我们的思维实质上是用对立的事物进行的。按希拉克里泰的说法，我们是用暖与冷、黑与白、日与夜、生与死、存在与变化来进行的。这些都是朴素的表述。但看来物理学的结构也是这种对立物，同时由于这个原因，以现实来看是很不够的，它的某些关系是用理论物理学的公式表示的。运动与静止之间的普通的对立在相对论里没有意义。质量与能量的对立也被考虑它们相互变换的爱因斯坦的守恒律取代了。微粒与波都是物理现实中的合理的、相互补充的方面，只是在一定现象与关系中作了不同的描述。结构与过程的对立在原子与生物中也崩溃了，因为它们的结构同时也是物质与能量的连续流载体的表现。很可能肉体与精神的古老问题也是类似的性质，它们是同一现实的不同方面，只是错误地实体化了。

我们的一切知识，即使非拟人化之后，也只是反映了现实的某些方面。如果这个讲法对头，现实就是库萨的尼古拉斯所说的一致的对立物(参看贝塔兰菲，1928年b)。论述性的思维通常只代表最终现实的一个方面，库萨把它叫做上帝；不可能穷举它的无

限多样性。因此最终现实是对立事物的统一；任何说法都只是从某种观点看来成立，只是相对有效，必须从相反的观点补充对立的说法。

因此，我们经验与思维的范畴是由生物与文化因素决定的。其次，这种人类的束缚由我们的世界图象的逐渐非拟人化过程来消除。第三，尽管进行了非拟人化，知识只是反映现实的某些方面和侧面。不过第四，还是库萨说得对：这每一个方面都有真理，虽然是相对真理。看来正是这点说明了人类知识的局限和庄严。

注释

1.沃特冒(Whatmough,1955年)批评了沃尔夫的论点中的这个以及其它例证."正如布鲁格曼(Brugmann)在《简单句法》一书(1925年第17～24页)中所说，fulget，pluit.fonat是简单的若t词干(名词.'那里打闪，那里下雨，那里打雷')而沃尔夫关于fonat(他用的就是这个词)在胡比语中在结构上和逻辑上都没有等价的词的说法完全不对."同样，"他认为胡比语的"准备"说的是'尝试、练习'，但这和拉丁语prae-paro一模一样"."还有，说胡比族的物理学里不会有空间、速度、质量等概念，或者说同我们的概念很不一样。这种说法没什么意思。胡比族没有物理学，因为禁忌和巫术妨碍他们进行实验研究。"虽然人们应当服从语言学家的权威，但大量事实证明不同的文明有不同的思维方式，尽管沃尔夫关于思维方式或多或少仅由语言学因素决定的假设容易受到批评。

2.值得指出的是，罗仑兹(Lorenz,1943年)用生物学范畴的措辞阐述了完全相同的观点："语言为我们理性思维的最高功能形成的词汇仍然有它们的起源可能来自黑猩猩的"专门语言"的明显痕迹。我们'了解'复杂的关系完全和猿猴了解树枝组成的迷宫一样。我们用以表示我们达到某些目的所用的最抽象的途径的词是'方法'，意思是'迂回'。我们的触觉空间(从时间到不会跳的狐猴)对视觉空间来说仍然有特殊的优势。因此只有在我们'领悟'即'了解'某种'关系'时才算是'把握'了这种关系。同样，'物体'(对立于我们的物体)的概念也要在对空间的触觉感知中产生……。甚至时间也是用空间的视觉模型表示的(第344页)……。时间是绝对看不见的，而且按我们的范畴思考方式，要使时间变成可见的，往往(?：可能是西方的偏见——贝塔兰菲)只有通过空间-时间过程才能实现……。'时间过程'只能由空间里的运动(时间流程)在语言方面同时当然也是在概念方面予以表示。甚至我们的前置词'之前'与'之后'，名词'过去、现在、未来'，原来也有表示运动的空间-时间结构的含义。很难从它们那里剔除空间里的运动的要素。"(351页)。

3.可以认为，目视空间的非欧结构的这一简单证明是由贝塔兰菲(1937年，第155页)首

先提出的，而“十分奇怪，感知生理学的文献中到处找不到引证”（罗仑兹，Lorenz，1943年第335页）。

4.克勒抗（Kluckhohn，1954年）的书里精辟地分析了由文化决定的感知、认识、感受、评价、无意识过程，正常与非正常行为，等等。读者从中可查考许多人类学方面的论据。

5.我发现汤因比（Toynbee，1954年，第699页）在他评论斯宾格勒的数学思维类型理论时得出同样的表达方式。他谈到不同文明对某些数学推理类型有不同“爱好”，这和前面所用的“偏好”的概念一样。本文作者对斯宾格勒的理论的阐述主要在1924年，现在还不用修改。

6.这可能有助于更公正地解释歌德的“色采理论”。作为西方物理学史上不光采的一页的歌德对牛顿光学的反叛可以这样理解：歌德是个杰出的现实和直观的思想家，他感觉出（正确地感觉到）牛顿光学故意忽视感觉经验中最突出的某些性质，把它们抽象掉。他的Farbenlehre（色采学）因此便是企图处理普通物理学不包含的现实中的某些方面：这是个终于没有完成的理论。

7.注意莱布尼兹发明二进制的神学动机。它表示开天辟地，因为任何数目都可以由“某事物”（1）和“无事物”（0）的组合产生。但这个对立物是否具有形而上学的现实性？或者它是否只是语言习惯和我们神经系统的行为方式的表现呢？

附　　录

Ⅰ 数学系统论的发展(1971年)

数学系统论的计划最近几年实现了；数学系统论已经成为一个广泛的、发展很快的领域。这个发展一方面是由于“系统”本身及其与其它学科关系的理论问题的发展；另一方面是由于控制与通讯的技术问题的发展。

这里不准备系统探讨和广泛评论数学的发展成果，但以下意见可以反映对各种方法的直观理解以及它们如何综合在一起的问题。愿意进一步研究的读者可以参考“推荐读物”中列出的文献。

大家都同意，“系统”是总的自然界的模型，是模拟被考查实体的某些比较普遍的性质的概念方面的东西。使用模型或模拟结构是科学的一般做法(甚至是日常认识的一般做法)，也是计算机模拟的原理。“系统”同普通学科的区别并不大，主要是一般化（或抽象）的程度不同，它涉及传统上由不同学科处理的、很大一批实体都具有的、非常一般的特征。因此涉及一般系统论的跨学科性质；同时，它的论点涉及从“系统中元素和力的性质”（这涉及专门的科学以及这些科学的说明）抽象出来的形式的或结构的共性。换句话说，由于涉及这种一般结构，系统理论的论证属于预测性的，而且有预测的价值。这种“从原理上说明”可能会有重大的预测的价值；而为了特定的说明，自然要求采用特殊的系统条件。

前面谈过，“系统”是科学中的新“范例”，不同于科学思维中占优势的要素分解方法与概念。因此毫不奇怪，数学系统论的发

展过程中用了重点、目标、数学技巧等都各不相同的方法。另外，这些方法说明了包含在系统这个词里的各个方面、性质与原理，并为理论上、实际上各不相同的目的服务。因此，不同作者有不同的"系统理论"并不是一种困境或混乱，相反是一个新的、发展中的领域的健康成长，而且可能指明了问题的必要的、相互补充的方面。存在不同的描述并不是什么特别的事情，数学和科学是常常遇到的，从对曲线的几何或分析的描述到古典热力学与统计力学的等价，再到波动力学与粒子物理学的等价，都是如此。不过，不同的、部分对立的方法应当进一步综合起来，使得一种方法是另一种方法的特例，或者可以证明为等价或相互补充的。事实上系统理论也存在这样的发展。

一个系统可以定义为互相之间、同环境之间有联系的元素的集。这一点可以用不同的数学方法表示。可以举出几种典型的系统描述方法。

有一种方法或一类研究方法可以不严格地叫做公理方法，因为主要关心的是给系统下严格的定义和运用现代数学与逻辑方法求导其内含。还有其它人的各种系统描述，例如密沙罗维奇(Mesarovic, 1961年)、麦西亚(Maccia, 1966年)，比埃尔与劳尔(Beier and Laue, 1971年；集论)、阿希拜(Ashby'1958年；"状态决定的系统或机器")、克列尔(Klir, 1969年)(UC＝元素之间、元素与环境之间全部偶合的集；ST＝全部状态与状态间全部变换的集)，等等。

动态系统论处理系统在时间上的变化。有两种主要描述方法，即，内部与外部描述(参考罗生〔Rosen〕, 1971年)。

内部描述或"古典"系统论(罗生，1970年)用n个叫做状态变量的尺度的集来定义系统。分析时它们在时间上的变化习惯用几个联立一阶微分方程的集来表示。这种方程叫动态方程或系统运动方程。系统行为由微分方程的理论(如果接受前面的方程3.1的系统定义，一般是一阶的)描述，这是数学中著名的、高度发展的领域。但前面已经说过，系统研究形成相当确定的问题。因此

例如稳定性理论只是最近同控制（与系统）问题联系起来才有所发展：莱阿普诺夫（Liapunov）函数出现于1892年（这是讲俄国，而在法国是1907年），但它们的意义最近特别是通过苏联数学家的工作之后才被认识。

从几何学上，系统变化由状态变量在状态空间上的移动轨迹来表示，亦即用n＝状态变量的可能位置的维度空间。可以区分与定义出三种行为如下：

（1）一个轨迹，如果在$t=t_0$时所有轨迹都充分靠近它，在$t\to\infty$时逐渐趋近它，这个轨迹叫做渐近稳定轨迹。

（2）一个轨迹，如果在$t=0$时所有轨迹都充分靠近它，以后一直保持靠近但不一定逐渐趋近，这个轨迹叫做中性稳定轨迹。

（3）一个轨迹，如果所有轨迹在$t=0$时靠近它，但在$t\to\infty$时不保持靠近，这个轨迹叫不稳定轨迹。

这些分别对应于趋近独立于时间状态的解（均衡、稳态）、周期的解、发散的解。

可以认为独立于时间的状态

$$f_1(Q_1, Q_2, \cdots\cdots Q_n)=0$$

是退化为一个点的轨迹。然后在二维投影中不难看出，轨迹都向由均衡点表示的稳定节点收敛，也可能在阻尼振荡中作为稳定焦点趋近，或者在非阻尼振荡中围绕它循环波动（稳态解）；或者从一个非稳定节点发散开来，从振荡的非稳定焦点离开，或从鞍点离开（非稳态解）。

动态理论的中心概念是稳定性概念，即系统对扰动的反应。稳定性概念源出于力学（如果刚体在充分小的移位之后返回原来位置就是它处于稳定均衡；运动如果对小的扰动不敏感就是稳定），而且推广到系统状态变量的"运动"。这个问题同存在均衡状态的问题有关。因此稳定性可以用描述系统的微分方程3.1的显解进行分析（所谓间接法，实质上以方程系的本征值λ_i的讨论为基础）。在非线性系统中，这些必须通过泰勒级数的展开来线性

化并保留第一项。然而线性化只是在均衡附近同稳定性有关。但引入实质上是一般化的能量函数的莱阿普诺夫函数，函数的符号表示均衡是否渐近地稳定(参考拉赛尔与列夫奇兹，1961年；哈恩，1963年)，可以不实际求解微分方程（直接法）以及对非线性系统进行稳定性讨论。

这里动态系统论和控制理论的关系就很清楚了：控制实质上是原来不渐近稳定的系统，通过加上一个控制器，对脱离稳定状态的系统运动实施反作用来使它渐近稳定。所以，内部描述或动态系统论的稳定性理论，与外部描述中的反馈系统或（线性）控制理论是趋同的（参看斯奇瓦茨，1969年)。

常微分方程（方程3.1)的描述抽象掉应当用偏微分方程表示的空间中状态变量的变化。但这些（域方程）更难处理。克服这个困难的办法是假设完全"激动"以至在有关的容积中分布是均匀的；或者假设有可以使用均匀分布并由合适的相互作用联系起来的隔间(隔间理论)。

在外部描述中，系统被当作一个"黑箱"；用方框与流程图表示它与环境及其它系统的关系。用输入、输出来描述系统：它的一般形式是联系输入与输出的变换函数。一般假设这些是线性的，而且用离散的数值集（参考：信息论中的是=否决策，图灵机)。这是控制技术的语言；外部描述一般是用系统对环境的功能的通讯（在系统之内、系统与环境之间交换信息）与控制（反馈)，用维纳(Wiener)的控制论定义。

前面说过，内部描述与外部描述同用连续函数或离散函数的描述很一致。这是适用于不同目的的两种"语言"。从经验上讲，在动态系统内力的自由相互作用引起的调节，与结构反馈机制所加约束引起的调节之间有明显的对比。但在形式上，这两种"语言"相关并在某种程度上证明是可译的。例如，一个输入-输出函数（在某些条件下）可作为线性n阶微分方程，而且方程各项都作为形式的"状态变量"；因此，尽管它们的物理意义还不确定，从一种语言到另一种语言的形式"翻译"是可能的。

在某些场合，例如二因素的神经兴奋理论（“兴奋与抑制因素”或“实质”）和网络理论（麦克卡洛克〔McCulloch〕的“神经元”网），用连续函数的动态系统论描述，和数字模拟的自动装置理论的描述是等价的（罗生〔Rosen〕，1967年）。同样，通常由伏尔特拉（Volterra）方程动态描述的捕食者与被捕食的猎物的系统，也可以用控制论反馈环路表示（威尔伯特〔Wilbert〕，1970年）。这些是二变量的系统。多变量系统能不能进行类似的“翻译”（按本文作者目前看法）还要等着瞧。

内部描述是“结构的”，亦即试图用状态变量和它们的相互依存性描述系统的行为。外界描述是“功能的”，通过系统与环境的相互作用描述系统的行为。

从以上简略综述可知，自从25年前宣布数学系统论计划以来，取得了相当的进展，已经有了许多种方法。当然这些方法是互有联系的。

数学系统论是迅速发展的领域，但很自然，递阶秩序等基本问题还只是缓慢地展开（怀特、威尔逊与威尔逊，1969年），可能还需要新观点和理论。前面说过，一般系统论最终是一种“整体的逻辑-数学科学”，而且它的严格的发展是“技术的”=数学的，但也要用“语言的”描述与模型（例如，米勒，1969年；凯斯特勒，1971年；威斯，1970年；伯克莱，1968年；格雷，道尔，列佐，1968年；迪莫拉斯与彼德逊，1967年；等等）。问题在可以用数学形式化之前必须能够直观“看到”和认识到。否则，数学的形式化只会阻碍对很“实际的”问题的探索。

Ⅱ、科学的意义和统一

今天出现普遍危机的时候，提出了自然科学的意义与目的的问题。经常听到科学应对我们时代的灾难负责的责难；有人认为人类受机器、一般地说受技术的奴役，而且最终被推入世界战争的屠杀。我们没有力量影响历史的进程；我们的选择只有认识它或者被它超越。

著名学者，贝塔兰菲教授在自由奥地利大学生会主办的科学讲座上，对拥挤在法医部的听众作了有关人类在自然界的特殊位置的今日重要问题的报告。

和动物的"环境"由其组织决定不同，人类自己创造我们叫做人类文化的世界。人类文明进化的先决条件是两个因素，语言与概念的形成，这两者是紧密相关的。"语言"作为要求或命令已经可以在动物界看到；这方面的例子是鸟的歌唱，羚羊的报警呼叫，等等。但语言用作事实的表现与交流却是人的特权。语言从广义来说不仅包括口语，也包括手写的文件和数学的符号体系。这些体系不是继承的，而是自由创造的、传统的符号。首先，这反映了区别于生物进化的人类历史的特殊性：与遗传变异不同的传统只有经过长的时间才能发生。其次，用智力实验即使用概念符号进行实验来代替主要是动物行为的特征的、物质上的试验。因此真正的目标定向性有了可能。形而上学意义上的目标定向性和目的论，即对有机整体的维持、生产、再生产的调节，是生命的一般准则。但真正的目的性是指有目的地行动，对未来的最终结果心中有数的情况下行动；未来目标的概念已经存在，而且影响当前的行动。这一点适用于日常生活的简单行动和人类智力在科学技术上的最高成就。另外，人类创造的符号的世界也有了自己的生

* 1947年在维也纳大学的一次讲演的评论。

命；它比它的创造者智力更高。例如，数学的符号体系体现为一个巨大的思维机器，输进语句即产生难以想象的、以固定的符号连接过程为基础的解。但另一方面，这个符号世界又成为可能导致巨大失调现象的力量。如果符号世界（在人类社会中出现于道德价值与社会习俗）与生物动力（在文化环境中没有地位）之间发生冲突，个人即面临容易得精神神经病的情况。使人成为人的符号世界，作为一种社会力量，同时造成了血腥的历史过程。人类历史与生物为生存进行的朴素的斗争不同，主要是意识形态方面的斗争，即符号论的斗争，这种斗争越是将原始本能伪装起来，就越危险。我们不能收回产生我们叫做"人"的事件过程，但人的责任是使用他预见的能力来提高自己还是消灭自己。在这个意义上，科学的世界概念将走什么道路的问题同时又是人类命运的问题。

研究科学发展发现一个奇怪的现象。类似的一般原理，相互独立地分别出现在科学的不同领域。贝塔兰菲因此特别强调组织、整体、动态等方面，并简要介绍了它们对各门科学的影响。在物理学中，这些概念是现代物理学区别于古典物理学的特征。在生物学中，贝塔兰菲强调了他所提出的"有机体概念"。医学、心理学（格式塔心理学、分层理论）和现代哲学中都有类似概念。

这一点产生伟大的前途，迄今没有的世界观统一的前途。一般原理的统一如何产生Px？贝塔兰菲博士的回答是需要一个他叫做"一般系统论"的新的科学领域。这个领域也是他正在研究的。这是一个逻辑与数学的领域，它的任务是表述与推导适用于一般"系统"的一般原理。这样，才有可能严密表述以下的术语：整体与总和、分化、逐渐机械化、集中化、递阶秩序、结果与等结果性，等等，这些术语出现在所有涉及"系统"的科学之中并包含它们的逻辑上的同形性。

上个世纪的机械论世界图象同机器的统治、把生物作为机器看待的理论、人本身的机械化紧密相关。但由现代科学发展形成的概念在生活本身之中有最明显的例证。因此，希望新的科学世界观是向人类文化新阶段发展的表现。

参 考 文 献

ACKOFF, R. L., "Games, Decisions and Organization," *General Systems*, 4 (1959), 145-150.

———, "Systems, Organizations, and Interdisciplinary Research," *General Systems*, 5 (1960), 1-8.

ADAMS, H., *The Degradation of the Democratic Dogma*, New York, Macmillan, 1920.

ADOLPH, E. F., "Quantitative Relations in the Physiological Constitution of Mammals," *Science*, 109 (1949), 579-585.

AFANASJEW, W. G., "Über Bertalanffy's 'organismische' Konzeption," *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, 10 (1962), 1033-1046.

ALEXANDER, FRANZ, *The Western Mind in Transition: An Eyewitness Story*, New York, Random House, 1960.

ALLESCH, G. J. von, *Zur Nichteuklidischen Struktur des Phænomenalen Raumes*, Jena, Fischer, 1931.

ALLPORT, FLOYD, *Theories of Perception and the Concept of Structure*, New York, John Wiley & Sons, 1955.

ALLPORT, GORDON W., *Becoming: Basic Considerations for a Psychology of Personality*, New Haven, Yale University Press, 1955.

———, "European and American Theories of Personality, *Perspectives in Personality Theory*, Henry David and Helmut von Bracken, editors, London, Tavistock, 1957.

———, "The Open System in Personality Theory," *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 61 (1960), 301-310. (Reprinted in *Personality and Social Encounter*, Boston, Beacon Press, 1960).

———, *Pattern and Growth in Personality*, New York, Holt, Rinehart & Winston, 1961.

ANDERSON, HAROLD, "Personality Growth: Conceptual Con-

siderations." *Perspectives in Personality Theory*, Henry David and Helmut von Bracken, editors, London, Tavistock, 1957.

ANON., "Crime and Criminology." *The Sciences*, 2 (1963), 1-4.

ANSCHÜTZ, G., *Psychologie*, Hamburg, Meiner, 1953.

APPLEBY, LAWRENCE, J. SCHER and J. CUMMINGS, editors, *Chronic Schizophrenia*, Glencoe, Ill., The Free Press, 1960.

ARIETI, SILVANO, *Interpretation of Schizophrenia*, New York, Robert Brunner, 1955.

———, "Schizophrenia," *American Handbook of Psychiatry*, S. Arieti, editor, vol. 1, New York, Basic Books, 1959.

———, "The Microgeny of Thought and Perception," *Arch. of Gen. Psychiat.* 6 (1962), 454-468.

———, "Contributions to Cognition from Psychoanalytic Theory," *Science and Psychoanalysis*, G. Masserman (ed.), Vol. 8, New York, Grune & Strutton, 1965.

ARROW, K. J., "Mathematical Models in the Social Sciences," *General Systems*, 1 (1956), 29-47.

ASHBY, W. R., "Can a Mechanical Chess-Player Outplay its Designer?" *British Journal of Philos. Science*, 3 (1952a), 44.

———, *Design for a Brain*, London, Chapman & Hall, 1952b.

———, "General Systems Theory as a New Discipline," *General Systems*, 3 (1958a), 1-6.

———, *An Introduction to Cybernetics*, 3rd. edition, New York, John Wiley & Sons, 1958b.

———, "Principles of the Self-Organizing System," *Principles of Self-Organization*, H. von Foerster and G. W. Zopf, Jr., editors, New York, Pergamon Press, 1962.

———, "Constraint Analysis of Many-Dimensional Relations," *Technical Report* #2, May 1964, Urbana, Electrical

Engineering Research Laboratory, University of Illinois.

ATTNEAVE, F., *Application of Information Theory to Psychology,* New York, Holt, Rinehart & Winston, 1959.

BACKMAN, G., "Lebensdauer und Entwicklung," *Roux' Arch.*, 140 (1940), 90.

BAVINK, B., *Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften,* 8th ed., Leipzig, Hirzel, 1944; 9th ed., Zurich, Hirzel, 1949.

BAYLISS, L. E., *Living Control Systems,* San Francisco, Freeman, 1966.

BEADLE, G. W., *Genetics and Modern Biology.* Philadelphia, American Philosophical Society, 1963.

BECKNER, M., *The Biological Way of Thought,* New York, Columbia University Press, 1959.

BEER, S., "Below the Twilight Arch—A Mythology of Systems," *General Systems,* 5 (1960), 9-20.

BEIER, W., *Biophysik,* 2. Aufl. Leipzig, Thieme, 1962.

———, *Einführung in die theoretische Biophysik,* Stuttgart, Gustav Fischer, 1965.

BELL, E., "Oogenesis," C. P. Raven, review, *Science,* 135 (1962), 1056.

BENDMANN, A., "Die 'organismische Auffassung' Bertalanffys," *Deutsche Zeitschrift für Philosophie,* 11 (1963), 216-222.

———, *L. von Bertalanffys organismische Auffassung des Lebens in ihren philosophischen Konsequenzen,* Jena, G. Fischer, 1967.

BENEDICT, RUTH, *Patterns of Culture,* New York, (1934) Mentor Books, 1946.

BENTLEY, A. F., "Kenetic Inquiry," *Science,* 112 (1950), 775.

BERG, K., and K. W. OCKELMANN, "The Respiration of

Freshwater Snails," *J. Exp. Biol.*, 36 (1959), 690-708.

———, "On the Oxygen Consumption of Some Freshwater Snails," *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 14 (1961), 1019-1022.

BERLIN, SIR ISAIAH, *Historical Inevitability*, London, New York, Oxford University Press, 1955.

BERLYNE, D. E., "Recent Developments in Piaget's Work," *Brit. J. of Educ. Psychol.* 27 (1957), 1-12.

———, *Conflict, Arousal and Curiosity*, New York, McGraw-Hill, 1960.

BERNAL, J. D., *Science in History*, London, Watts, 1957.

BERTALANFFY, F. D., and C. LAU, "Cell Renewal," *Int. Rev. Cytol.*, 13 (1962), 357-366.

BERTALANFFY, LUDWIG von, "Einführung in Spengler's Werk," *Literaturblatt Kölnische Zeitung* (May, 1924).

———, *Kritische Theorie der Formbildung*, Berlin, Borntraeger, 1928a. English: *Modern Theories of Development* (1934), New York, Harper Torchbooks, 1962.

———, *Nikolaus von Kues*, Munich, G. Müller, 1928b.

———, *Theoretische Biologie*, Bd. I, II, Berlin, Borntraeger, 1932, 1942 (2nd ed. Bern, A. Francke AG., 1951).

"Untersuchungen über die Gesetzlichkeit des Wachstums, I." *Roux' Archiv*, 131 (1934), 613-652.

———, *Das Gefüge des Lebens*, Leipzig, Teubner, 1937.

———, "II. A Quantitative Theory of Organic Growth," *Human Biology* 10 (1938), 181-213.

———, "Der Organismus als physikalisches System betrachtet," *Die Naturwissenschaften*, 28 (1940a), 521-531. Chapter 5.

———, "Untersuchungen über die Gesetzlichkeit des Wachstums," III. Quantitative Beziehungen zwischen Darmoberflache und Körpergrösse bei *Planaria Maculata*," *Roux' Arch.*, 140 (1940b), 81-89.

———, "Probleme einer dynamischen Morphologie," *Biologia*

Generalis, 15 (1941), 1-22.

———, "Das Weltbild der Biologie"; "Arbeitskreis Biologie", *Weltbild und Menschenbild*, S. Moser, editor (Alpbacher Hochshulwochen 1947), Salzburg, Tyrolia Verlag, 1948a.

———, "Das organische Wachstum und seine Gesetzmässigkeiten," *Experientia* (Basel), 4 (1948b).

———, *Das biologische Weltbild*, Bern, A. Francke AG, 1949a. English: *Problems of Life*, New York, Wiley, 1952; New York, Harper Torchbooks, 1960. Also in French, Spanish, Dutch, Japanese.

———, "Problems of Organic Growth," *Nature*, 163 (1949b), 156.

———, "Zu einer allgemeinen Systemlehre," *Blätter für deutsche Philosophie*, 3/4 (1945), (Extract in *Biologia Generalis*, 19 (1949), 114-129).

———, "The Theory of Open Systems in Physics and Biology," *Science*, 111 (1950a), 23-29.

———, "An Outline of General System Theory," *Brit. J. Philos. Sci.* 1 (1950b), 139-164.

———, "Theoretical Models in Biology and Psychology," *Theoretical Models and Personality Theory*, D. Krech and G. S. Klein, editors, Durham, Duke University Press, 1952.

———, *Biophysik des Fliessgleichgewichts*, translated by W. H. Westphal, Braunschweig, Vieweg, 1953a. (Revised edition with W. Beier and R. Laue in preparation).

———, "Philosophy of Science in Scientific Education," *Scient. Monthly*, 77 (1953b), 233.

———, "General System Theory," *Main Currents in Modern Thought*, 11 (1955a), 75-83. Chapter 2.

———, "An Essay on the Relativity of Categories," *Philosophy of Science*, 22 (1955b), 243-263. Chapter 10.

———, "A Biologist Looks at Human Nature," *Scientific*

Monthly, 82 (1956a), 33-41. Reprinted in *Contemporary Readings in Psychology*, R. S. Daniel, editor, 2nd edition, Boston, Houghton Mifflin Company, 1965. Also in *Reflexes to Intelligence, A Reader in Clinical Psychology*, S. J. Beck and H. B. Molish, editors, New York, Glencoe (Ill.): The Free Press, 1959.

———, "Some Considerations on Growth in its Physical and Mental Aspects," *Merrill-Palmer Quarterly*, 3 (1956b), 13-23.

———, *The Significance of Psychotropic Drugs for a Theory of Psychosis*, World Health Organization, AHP, 2, 1957a, (Mimeograph).

———, "Wachstum," *Kükenthal.s Handb d. Zoologie*, Bd. 8, 4 (6), Berlin: De Gruyter, 1957b.

———, "Comments on Aggression," *Bulletin of the Menninger Clinic*, 22 (1958), 50-57.

———, "Human Values in a Changing World," *New Knowledge in Human Values*, A. H. Maslow, editor, New York, Harper & Brothers, 1959.

———, "Some Biological Considerations on the Problem of Mental Illness," *Chronic Schizophrenia*, L. Appleby, J. Scher, and J. Cummings, editors, Glencoe (Ill.): The Free Press, 1960a. Reprinted in *Bulletin of the Menninger Clinic*, 23 (1959), 41-51.

———, "Principles and Theory of Growth," *Fundamental Aspects of Normal and Malignant Growth*, W. W. Nowinski, editor, Amsterdam, Elsevier, 1960b.

———, "General System Theory—A Critical Review," *General Systems*, 7 (1962), 1-20. Chapter 4.

———, "The Mind-Body Problem: A New View," *Psychosom. Med.*, 24 (1964a) 29-45.

———, "Basic Concepts in Quantitative Biology of Metabolism," *Quantitative Biology of Metabolism—First*

International Symposium, A. Locker, editor. *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 9 (1964b), 5-37.

———, "The World of Science and the World of Value." *Teachers College Record*, 65 (1964c), 496-507.

———, "On the Definition of the Symbol." *Psychology and the Symbol: An Interdisciplinary Symposium*, J. R. Royce, editor, New York, Random House, 1965.

———, "General System Theory and Psychiatry," *American Handbook of Psychiatry*, vol. 3, S. Arieti, editor, New York, Basic Books, 1966. Chapter 9.

———, *Robots, Men and Minds*, New York, George Braziller, 1967.

———, and R. R ESTWICK. "Tissue Respiration of Musculature in Relation to Body Size, *Amer. J. Physiol.* 173 (1953), 58-60.

———, C. G. HEMPEL, R. E. BASS and H. JONAS, "General System Theory: A New Approach to Unity of Science," I-VI. *Hum. Biol.*, 23 (1951), 302-361.

———, and I. MÜLLER, "Untersuchungen über die Gesetzlichkeit des Wachstums, VIII, Die Abhängigkeit des Stoffwechsels von der Körpergrösse und der Zusammenhang von Stoffwechseltypen und Wachstumstypen," *Riv. Biol.*, 35 (1943), 48-95.

———, and W. J. P. PIROZYNSKI, "Ontogenetic and Evolutionary Allometry," *Evolution*, 6 (1952), 387-392.

———, "Tissue Respiration, Growth and Basal Metabolism," *Biol. Bull.*, 105 (1953), 240-256.

BETHE, ALBERT, "Plastizität und Zentrenlehre," *Handbuch der normalen und Pathologischen Physiologie*, vol. XV/2, Albert Bethe, editor, Berlin, Springer, 1931.

BEVERTON, R. J. H., and S. J. Holt. "On the Dynamics of Exploited Fish Populations," *Fishery Investigation*, Ser.

II, vol. XIX, London, Her Majesty's Stationery Office, 1957.

BLANDINO, G., *Problemi e Dottrine di Biologia teorica*, Bologna, Minerva Medica, 1960.

BLASIUS, W., "Erkenntnistheoretische und methodologische Grundlagen der Physiologie," in Landois - Rosemann, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 28. Aufl., Munich, Berlin, Urban & Schwarzenberg, 1962, 990-1011.

BLEULER, EUGEN, *Mechanismus - Vitalismus - Mnemismus*, *Berlin*, Springer, 1931.

BODE, H., F. MOSTELLER, F. TUKEY, and C. WINSOR, "The Education of a Scientific Generalist," *Science*, 109 (1949), 553.

BOFFEY, PHILIP M., "Systems Analysis: No Panacea for Nation's Domestic Problems," *Science*, 158 (1967), 1028-1030.

BOGUSLAW, W., *The New Utopians*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1965.

BOULDING, K. E., *The Organizational Revolution*, New York, Harper & Row, 1953.

———, "Toward a General Theory of Growth," *General Systems*, I (1956a), 66-75.

———, *The Image*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 1956b.

———, *Conflict and Defence*. New York: Harper, 1962.

BRADLEY, D. F., and M. CALVIN, "Behavior: Imbalance in a Network of Chemical Transformation," *General Systems*, I (1956), 56-65.

BRAY, H. G., and K. WHITE, *Kinetics and Thermodynamics in Biochemistry*, New York, Academic Press, 1957.

BRAY, J. R., "Notes toward an Ecology Theory," *Ecology*, 9 (1958), 770-776.

BRODY, S., "Relativity of Physiological Time and Physiolo-

gical Weight," *Growth*, 1 (60), 1937.

———, *Bioenergetics and Growth*, New York, Reinhold, 1945.

BRONOWSKI, J., Review of "Brains, Machines and Mathematics" by M. A. Arbib, *Scientific American*, (July 1964), 130-134.

BRUNER, JEROME, "Neural Mechanisms in Perception," in *The Brain and Human Behavior*, H. Solomon, editor, Baltimore, Williams and Wilkins, 1958.

BRUNNER, R., "Das Fliessgleichgewicht als Lebensprinzip," *Mitteilungen der Versuchsstation für das Gärungsgewerbe* (Vienna), 3-4 (1967), 31-35.

BRUNSWIK, EGON, "Historical and Thematic Relations of Psychology to Other Sciences," *Scientific Monthly*, 83 (1956), 151-161.

BUCKLEY, W., *Sociology and Modern Systems Theory*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1967.

BUHLER, G., "Theoretical Observations about Life's Basic Tendencies," *Amer. J. Psychother.*, 13 (1959), 561-581.

———, *Psychologie im Leben unserer Zeit*, Munich & Zurich, Knaur, 1962.

BURTON, A. C., "The Properties of the Steady State Compared to those of Equilibrium as shown in Characteristic Biological Behavior," *J. Cell. Comp. Physiol.*, 14 (1939), 327-349.

BUTENANDT, A., "Neuartige Probleme und Ergebnisse der biologischen Chemie," *Die Naturwissenschaften*, 42 (1955), 141 149.

———, "Altern und Tod als biochemisches Problem," *Dt. Med. Wschr.*, 84 (1959), 297-300.

CANNON, W. B., "Organization for Physiological Homeostasis," *Physiological Review*, 9 (1929), 397.

———, *The Wisdom of the Body*, New York, W. W.

Norton Co., 1932.

CANTRIL, HADLEY, "A Transaction Inquiry Concerning Mind," *Theories of the Mind*, Jordan Scher, editor, New York, The Free Press, 1962.

CARMICHAEL, LEONARD, editor, *Manual of Child Psychology* (2nd edition), New York, John Wiley & Sons, 1954.

CARNAP, R., *The Unity of Science*, London, 1934.

CARTER, L. J., "Systems Approach: Political Interest Rises," *Science*, 153 (1966), 1222-1224.

CASEY, E. J., *Biophysics*, New York, Reinhold, 1962.

CASSIRER, ERNST, *The Philosophy of Symbolic Forms*, 3 vols., New Haven, Yale University Press, 1953-1957.

CHANCE, B., R. W. ESTABROOK & J. R. WILLIAMSON (eds.), *Control of Energy Metabolism*, New York, London, Academic Press, 1965.

CHOMSKY, N., " 'Verbal Behavior' by B. F. Skinner," *Language*, 35 (1959), 26-58.

CHORLEY, R. J., "Geomorphology and General Systems Theory," *General Systems*, 9 (1964), 45-56.

COMMONER, B., "In Defense of Biology," *Science*, 133 (1761), 1745-1748.

COWDRY, EDMUND, *Cancer Cells*, 2nd edition, Philadelphia, W. B. Saunders, 1955.

(DAMUDE, E.), "A Revolution in Psychiatry," *The Medical Post*, May 23, 1967.

D'ANCONA, V., *Der Kampf ums Dasein*, Berlin, Borntrãger, 1939. English translation, *The Struggle for Existence*, Leiden, E. J. Brill, 1954.

DENBIGH, K. G., "Entropy Creation in Open Reaction Systems," *Trans. Faraday. Soc.*, 48 (1952), 389-394.

DE-SHALIT, A., "Remarks on Nuclear Structure," *Science*, 153 (1966), 1063-1067.

DOBZHANSKY, T., "Are Naturalists Old-Fashioned?" *American Naturalist*, 100 (1966), 541-550.

DONNAN, F. G., "Integral Analysis and the Phenomenon of Life," *Acta Biotheor*, 1937.

DOST, F. H., *Der Blutspiegel: Kinetik der Konzentrationsabläufe in der Körperflussigkeit*, Leipzig, Thieme, 1953.

———, "Über ein einfaches statistisches Dosis-Umsatz-Gesetz," *Klin. Wschr.*, 36 (1958), 655-657.

———, "Beitrag zur Lehre vom Fliessgleichgewicht (steady state) aus der Sicht der experimentellen Medizin," *Nova Acta Leopoldina*, 4-5 (1958-59), 143-152.

———, "Fliessgleichgewichte im strömenden Blut," *Dt. med. Wschr.*, 87 (1962a), 1833-1840.

———, "Ein Verfahren zur Ermittlung des absoluten Transportvermögens des Blutes im Fliessgleichgewicht, *Klin. Wschr.*, 40 (1962b), 732-733.

DRISCHEL, H., "Formale Theorien der Organisation (Kybernetik und verwandte Disziplien)." *Nova Acta Leopoldina* (Halle, Germany), (1968).

DRUCKREY, H., and K. KUPFMÜLLER, *Dosis und Wirkung. Die Pharmazie*, 8. Beiheft, I. Erg. -Bd., Aulendorf (Württ.) Editio Cantor GmbH., 1949, 513-595.

DUBOS, R., "Environmental Biology," *BioScience*, 14 (1964), 11-14.

———, "We are Slaves to Fashion in Research!", *Scientific Research* (Jan. 1967), 36-37, 54.

DUNN, M. S., E. A. MURPHY and L. B. ROCKLAND, "Optimal Growth of the Rat," *Physiol. Rev.*, 27 (1947), 72-94.

EGLER, F. E., "Bertalanffian Organismicism," *Ecology*, 34 (1953), 443-446.

ELSASSER, W. M., *The Physical Foundation of Biology*,

New York, Pergamon Press, 1958.

———, *Atom and Organism*, Princeton, Princeton University Press, 1966.

EYSENCK, HANS, "Characterology Stratification Theory and Psychoanalysis; An Evaluation," *Perspectives in Personality Theory*, Henry David and Helmut von Bracken, editors, London, Tavistock, 1957.

FEARING, F., "An Examination of the Conceptions of Benjamin Whorf in the Light of Theories of Perception and Cognition," *Language in Culture*, H. Hoijer, editor, *American Anthropologist*, 56 (1954), Memoir No. 79, 47.

FLANNERY, Kent V., "Culture History v. Cu tural Process: A Debate in American Archaeology," *Sci. Amer.*, 217 (1967), 119-122.

FOERSTER, H. von and G. W. ZOPF, Jr. (eds.), *Principles of Self-Organization*, New York, Pergamon Press, 1962.

FOSTER, C., A. RAPOPORT and E. TRUCCO, "Some Unsolved Problems in the Theory of Non-Isolated Systems," *General Systems*, 2 (1957), 9-29.

FRANK, L. K., G. E. HUTCHINSON, W. K. LIVINGSTONE, W. S. McCULLOCH, and N. WIENER, *Teleological Mechanisms*, Ann. N.Y. Acad. Sci., 50 (1948).

FRANKL, VICTOR, "Das homöostatische Prinzip und die dynamische Psychologie," *Zeitschrift für Psychotherapie und Medizinische Psychologie*, 9 (1959a), 41-47.

———, *From Death-Camp to Existentialism*, Boston, Beacon Press, 1959b.

———, "Irrwege seelenärztlichen Denkens (Monadologismus, Potentialismus und Kaleidoskopismus)," *Nervenarzt*, 31 (1960), 385-392.

FRANKS, R. G. E., *Mathematical Modeling in Chemical Engineering*, New York, Wiley, 1967.

FREEMAN, GRAYDON, *The Energetics of Human Behavior*,

Ithaca, Cornell University Press, 1948.

FREUD, SIGMUND, *A General Introduction to Psychoanalysis*, (1920) New York, Permabooks, 1953.

FRIEDELL, E., *Kulturgeschichte der Neuzeit*, München, C. H. Beck, 1927-31.

GARAVAGLIA, C., C. POLVANI and R. SILVESTRINI, "A Collection of Curves Obtained With a Hydrodynamic Model Simulating Some Schemes of Biological Experiments Carried Out With Tracers," Milano, CISE, *Report No. 60* (1958), 45 pp.

GAZIS, DENOS C., "Mathematical Theory of Automobile Traffic," *Science*, 157 (1967), 273-281.

GEERTZ, CLIFFORD, "The Growth of Culture and the Evolution of Mind," *Theories of the Mind*, Jordan Scher, editor, New York, The Free Press, 1962.

GESSNER, F., "Wieviel Tiere bevölkern die Erde?" *Orion* (1952), 33-35.

GEYL, P., *Napoleon For and Against*, Lonaod, Jonathan Cape, 1949. (1957)

———, *Debates With Historians*, New York, Meridian Books, 1958.

GILBERT, ALBIN, "On the Stratification of Personality," *Perspectives in Personality Theory*, Henry David and Helmut von Bracken, editors, London, Tavistock, 1957.

GILBERT, E. N., "Information Theory After 18 Years," *Science*, 152 (1966), 320-326.

GLANSDORFF, P. and J. PRIGOGINE, "On a General Evolution Criterion in Macroscopic Physics," *Physica* 30 (1964), 351-374.

GOLDSTEIN, KURT, *The Organism*, New York, American Book Company, 1939.

———, "Functional Disturbances in Brain Damage," *American Handbook of Psychiatry*, vol. I, Silvano Arieti, editor,

New York, Basic Books, 1959.

GRAY, W., N. D. RIZZO and F. D. DUHL (eds.), *General Systems Theory and Psychiatry*, Boston, Little, Brown and Company, (in Press).

GRINKER, R. R. (ed.), *Toward a Unified Theory of Human Behavior*, 2nd edition, New York, Basic Books, 1967.

GRODIN, F. S., *Control Theory and Biological Systems*, New York, Columbia University Press, 1963.

GROSS, J., "Die Krisis in der theoretischen Physik und ihre Bedeutung für die Biologie," *Biologisches Zentralblatt*, 50 (1930).

GUERRA, E. and B. GÜNTHER, "On the Relationship of Organ Weight, Function and Body Weight," *Acta Physiol. Lat. Am.*, 7 (1957), 1-7.

GÜNTHER, B. and E. GUERRA, "Biological Similarities," *Acta Physiol. Lat. Am.*, 5 (1955), 169-186.

HACKER, FREDERICK, "Juvenile Delinquency," *Hearings before the U. S. Senate Subcommittee Pursuant to S. Res. No. 62*, Washington, U.S. Government Printing Office, June 15- 18, 1955.

HAHN, ERICH, "Aktuelle Entwicklungstendenzen der soziologischen Theorie," *Deutsche Z. Philos.*, 15 (1967), 178-191.

HAIRE, M., "Biological Models and Empirical Histories of the Growth of Organizations," *Modern Organization Theory*, M. Haire, editor, New York, John Wiley & Sons, 1959, PP. 272-306.

HALL, A. D., and R. E. FAGEN, "Definition of System," *General Systems*, I (1956), 18-29.

———, *A Methodology for Systems Engineering*, Princeton, Van Nostrand, 1962.

HALL, C. S., and G. LINDZEY, *Theories of Personality*,

New York, John Wiley & Sons, 1957.

HART, H., "Social Theory and Social Change," in L. Gross, editor, *Symposium on Sociological Theory*, Evanston, Row, Peterson, 1959, pp. 196-238.

HARTMANN, M., *Allgemeine Biologie*, Jena, 1927.

HARTMANN, N., "Neue Wege der Ontologie," *Systematische Philosophie*, N. Hartmann, editor, Stuttgart, 1942.

HAYEK, F. A., "Degrees of Explanation," *Brit. J. Philos. Sci.*, 6 (1955), 209-225.

HEARN, G., *Theory Building in Social Work*, Toronto, University of Toronto Press, 1958.

HEBB, DONALD O., *The Organization of Behavior*, New York, John Wiley & Sons, 1949.

———, "Drives and the C. N. S. (Conceptual Nervous System)," *Psychol. Rev.*, 62 (1955), 243-254.

HECHT, S., "Die Physikalische Chemie und die Physiologie des Sehaktes," *Erg. Physiol.*, 32 (1931).

HEMMINGSEN, A. M., "Energy Metabolism as Related to Body Size and Respiratory Surfaces, and its Evolution," *Reps. Steno Mem. Hosp.*, Part 2, 9 (1960).

HEMPEL, C. G., *Aspects of Scientific Explanation and other Essays in the Philosophy of Science*, New York, The Free Press, 1965.

HENRY, JULES, *Culture Against Man*, New York, Random House, 1963.

HERRICK, CHARLES, *The Evolution of Human Nature*, New York, Harper Torchbooks, 1956.

HERSH, A. H., "Drosophila and the Course of Research," *Ohio J. Sci.*, 42 (1942), 198-200.

HESS, B., "Fliessgleichgewichte der Zellen" *Dt. Med. Wschr.*, 88 (1963), 668-676.

———, "Modelle enzymatischer Prozesse," *Nova Acta Leopoldina* (Halle, Germany), 1969.

HESS, B., and B. CHANCE, "Über zelluläre Regulationsmechanismen und ihr mathematisches Modell," *Die Naturwissenschaften*, 46 (1959), 248-257.

HESS, W. R., "Die Motorik als Organisationsproblem," *Biologisches Zentralblatt*, 61 (1941), 545-572.

———, "Biomotorik als Organisationsproblem," I, II, *Die Naturwissenschaften*, 30 (1942), 441-448, 537-541.

HILL, A. V., "Excitation and Accommodation in Nerve," *Proc. Roy. Soc. London*, 11 (1936).

HOAGLAND, H., "Consciousness and the Chemistry of Time," *Transactions of the First Conference*, H. A. Abramson, editor, New York, J. Macy Foundation, 1951.

HÖBER, R., *Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe*, 6. Aufl., Berlin, 1926.

HOIJER, H., editor, *Language in Culture*, American Anthropologist, Memoir No. 79, (1954).

HOLST, ERICH von, "Vom Wesen der Ordnung im Zentralnervensystem," *Die Naturwissenschaften*, 25 (1937), 625-631, 641-647.

HOLT, S. J., "The Application of Comparative Population Studies to Fisheries Biology—An Exploration," in *The Exploitation of Natural Animal Populations*, E. D. LeCren and M. W. Holdgate, editors, Oxford, Blackwell, n. d.

HOOK, SIDNEY, editor, *Dimensions of Mind*, New York, Collier Books, 1961.

HUMBOLDT, W. VON, *Gesammelte Schriften*, VII, I, Berlin Preuss. Akademie, n. d.

HUXLEY, A., *The Doors of Perception*, New York, Harper & Row, 1954.

HUXLEY, J., *Problems of Relative Growth*, London, Methuen, 1932.

JEFFRIES, L. A. (ed.), *Cerebral Mechanisms in Behavior*,

The Hixon Symposium, New York, John Wiley & Sons, 1951.

JONES, R. W., and J. S. GRAY, System Theory and Physiological Processes," *Science*, 140(1963), 461-466.

JUNG, F., "Zur Anwendungder Thermodynamik auf Biologische und Medizinische Probleme," *Die Naturwissenschaften*, 43 (1956), 73-78.

KALMUS, H., "Über die 1 atur des Zeitgedächtnisses der Bienen," *Zeitschr. Vergl. Physiol.*, 20 (1934), 405.

KAMARYT, J., "Die Bedeutung der Theorie des offenen Systems in der gegenwärtigen Biologie," *Deutsche Z. für Philosophie*, 9 (1961), 2040-2059.

———, "Ludwig von Bertalanffy a . syntetické směry v západní biologii," in *Filosofické problémy moderní biologie*, J. Kamarýt, editor, Prague, Československá Akademie, VED, 1963, pp. 60-105.

KANAEV, I. I., *Aspects of the History of the Problem of the Morphological Type from Darwin to the Present* (in Russian), Moscow, NAUKA, 1966, pp. 193-200.

KEITER, F., "Wachstum und Reifen im Jugendalter," *Kölner Z. für Soziologie*, 4 (1951-1952), 165-174.

KLEIBER, M., *The Fire of Life*, New York, John Wiley & Sons, 1961.

KLUCKHOHN, C., and D. LEIGHTON, "The Navaho," *The Tongue of the People*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1951,

———, "Culture and Behavior," in *Handbook of Social Psychology*, vol. 2, G. Lindzey, editor, Cambridge, Addison-Wesley Publishing Company, 1954.

KMENT, H., "Das Problem biologischer Regelung und seine Geschichte in medizinischer Sicht," *Munch. Med. Wschr.*, 99 (1957), 475-478, 517-520.

———, "The Problem of Biological Regulation and Its

Evolution in Medical View," *General Systems*, 4 (1959), 75-82.

KOESTLER, ARTHUR, *The Lotus and the Robot*, London, Hutchinson, 1960.

———, *The Ghost in the Machine*, London, Hutchinson, 1967.

———, "The Tree and the Candle," in *Unity and Diversity*, see *Addenda* (1971).

KÖHLER, W., *Die physischen Gestalten in Ruhe und im stationären Zustand*, Erlangen, 1924.

———, "Zum Problem der Regulation," *Roux's Arch*, 112 (1927).

KOTTJE, F., "Zum Problem der vitalen Energie," *Ann. d. Phil. u. Phil. Kritik*, 6 (1927).

KRECH, DAVID, "Dynamic Systems as Open Neurological Systems," *Psychological Review*, 57 (1950), 283-290. Reprinted in *General Systems*, I (1956), 144-154.

KREMYANSKIY, V. I., "Certain Peculiarities of Organisms as a 'System' from the Point of View of Physics, Cybernetics, and Biology," *General Systems*, 5 (1960), 221-230.

KROEBER, A. L., *The Nature* of Culture, Chicago, The University of Chicago Press, 1952.

———, *Style and Civilizations*, Ithaca, N. Y., Cornell U. Press, 1957.

———, and C. KLUCKHOHN, *Culture. A Critical Review of Concepts and Definitions* (1952), New York, Vintage, 1963.

KUBIE, LAWRENCE, "The Distortion of the Symbolic Process in Neurosis and Psychosis," *J. Amer. Psychoanal. Ass.*, 1 (1953), 59-86.

KUHN, T. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press, 1962.

LABARRE, W., *The Human Animal*, Chicago, U. of Chicago

Press, 1954.

LANGER, S., *Philosophy in a New Key* (1942). New York, Mentor Books, 1948.

LASHLEY, K., *Brain Mechanisms and Intelligence* (1929). New York. Hafner, 1994.

LECOMTE DU NOÜY, P., *Biological Time*, New York, Macmillan, 1937.

LEHMANN, G., "Das Gesetz der Stoffwechselreduktion," in *Kükenthals Handbuch der Zoologie*, 8, 4(5). Berlin, De Gruyter & Co., 1956.

LENNARD, H., and A. BERNSTEIN, *The Anatomy of Psychotherapy*, New York, Columbia U. Press, 1960.

LERSCH, P., and H. THOMAE, editors, *Handbuch der Psychologie*, Vol. 4: *Persönlichkeitsforschung und Persönlichkeitstheorie*. Göttingen, Hogrefe, 1960.

LEWADA, J., "Kybernetische Methoden in der Soziologie," (in Russian) *Kommunist* (Moscow, 1965), 14, 45.

LLAVERO, F., "Bemerkungen zu einigen Grundfragen der Psychiatrie," *Der Nervenarzt*, 28 (1957), 419-420.

LOCKER, A., "Das Problem der Abhängigkeit des Stoffwechsels von der Körpergrösse," *Die Naturwissenschaften*, 48 (1961a), 445-448.

———, "Die Bedeutung experimenteller Variabler für die Abhängigkeit der Gewebsatmung von der Körpergrösse. II. Die Bezugsbasis," *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 273 (1961b), 345-352.

———, "Reaktionen metabolisierender Systeme auf expermientelle Beeinflussung, Reiz und Schädigung," *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 9 (1964), 38-107.

———, "Elemente einer systemtheoretischen Betrachtung des Stoffwechsels," *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 14 (1966a), 4-24.

———, "Aktuelle Beiträge zur systemtheoretischen Behandlung

des Stoffwechsels, Netzwerk-, graphentheoretische und weitere Verfahren, "*Studia biophysica*, 1 (1966b), 405-412.

———and R. M. LOCKER, "Die Bedeutung experimenteller Variabler für die Abhängigkeit der Gewebsatmung von der Körpergrösse, III, Stimulation der Atmung und Auftrennung in Substratanteile, "*Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 274 (1962), 581-592.

LOEWE, S., "Die quantitativen Probleme der Pharmakologie," *Erg. Physiol.*, 27 (1928).

LORENZ, K., "Die angeborenen Formen möglicher Erfahrung," *Z. Tierpsychologie*, 5 (1943), 235.

LOTKA, A. J., *Elements of Physical Biology*, (1925), New York, Dover, 1956.

LUMER, H., "The Consequences of Sigmoid Growth Curves for Relative Growth Functions," *Growth*, I (1937).

LURIA, ALEKSANDR, *The Role of Speech in the Regulation of Normal and Abnormal Behavior*, New York, Pergamon Press, 1961.

LUTHE, WOLFGANG, "Neuro-humoral Factors and Personality," *Perspectives in Personality Theory*, Henry David and Helmut von Braken, editors, London, Tavistock, 1957.

MACCIA, E. STEINER, and G. S. MACCIA, *Development of Educational Theory Derived from Three Educational Theory Models*, Project 5-0638, Columbus, Ohio, The Ohio State Research Foundation, 1966.

MAGOUN, HORACE, *The Waking Brain*, Springfield, Illinois, Charles C. Thomas, 1958.

MALEK, E. et al., *Continuous Cultivation of Microorganisms*, Prague: Czech. Acad. Sci., 1958, 1964.

MANNING, HON. E. C., *Political Realignment—A Challenge to Thoughtful Canadians*, Toronto/Montreal, McClelland & Steward, Ltd., 1967.

MARTIN, A. W., and F. A. FUHRMAN, "The Relationship Between

Summated Tissue Respiration and Metabolic Rate in the Mouse and Dog," *Physiol. Zool.*, 28(1955), 18-34.

Mathematical Systems Theory, edited by D. Bushaw *et al.*, New York: Springer, since 1967.

MATHER, K. F., "Objectives and Nature of Integrative Studies," *Main Currents in Modern Thought*, 8 (1951) 11.

MATSON, FLOYD, *The Broken Image*, New York, George Braziller, 1964.

MAY, ROLLO, ERNEST ANGEL and HENRI ELLENBERGER, editors, *Existence: A New Dimension in Psychiatry and Psychology*, New York, Basic Books, 1958.

MAYER, J., "Growth Characteristics of Rats Fed a Synthetic Diet," *Growth*, 12 (1948), 341-349.

McCLELLAND, C. A., "Systems and History in International Relations—Some Perspectives for Empirical Research and Theory," *General Systems*, 3 (1958), 221-247.

McNEILL, W., *The Rise of the West*, Toronto, The University of Toronto Press, 1963.

MEIXNER, J. R., and H. G. REIK, "Thermodynamik der irreversiblen Prozesse," *Handbuch der Physik*, Bd. III/2, S. Elügge, editor, Berlin, Springer Verlag, 1959, pp. 413-523.

MENNINGER, KARL, "The Psychological Aspects of the Organism Under Stress," *General Systems*, 2 (1957), 142-172.

———, HENRI ELLENBERGER, PAUL PRUYSER, and MARTIN MAYMAN, "The Unitary Concept of Mental Illness," *Bull. Menninger Clin.* 22 (1958), 4-12.

———, MARTIN MAYMAN and PAUL PRUYSER, *The Vital Balance*, New York, The Viking Press, 1963.

MERLOO, JOOST, *The Rape of the Mind*, Cleveland, The World Publishing Company, 1956.

MESAROVIC, M. D., "Foundations for a General Systems Theory," *Views on General Systems Theory*, M. S.

Mesarović, editor, New York, John Wiley & Sons, 1964. 1-24.

METZGER, W., "Psychologie," *Wissenschaftliche Forschungsberichte, Naturwissenschaftliche Reihe*, 52 (1941).

MEUNIER, K., "Korrelation und Umkonstruktion in den Grössenbeziehungen zwischen Vogelflügel und Vogelkörper," *Biol. Gen.*, 19(1951), 403-443.

MILLER, J. G. et al., "Symposium: Profits and Problems of Homeostatic Models in the Behavioral Sciences," *Chicago Behavioral Sciences Publications*, 1 (1953).

MILLER, JAMES, "Towards a General Theory for the Behavioral Sciences," *Amer. Psychol.*, 10 (1955), 513-531.

MILSUM, J. H., *Biological Control Systems Analysis*, New York, McGraw-Hill, 1966.

MINSKY, MARVIN L., *Computation, Finite and Infinite Machines*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, Inc., 1967.

MITTASCH, A., *Von der Chemie zur Philosophie—Ausgewählte Schriften und Vorträge*, Ulm, 1948.

MITTELSTAEDT, H., "Regelung in der Biologie," *Regelungstechnik*, 2 (1954), 177-181.

———, editor, *Regelungsvorgänge in der Biologie*, München, Oldenbourg, 1956.

MORCHIO, R., "Gli Organismi Biologici Come Sistemi Aperti Stazionari Nel Modello Teorico di L. von Bertalanffy," *Nuovo Cimento*, 10, Suppl., 12 (1959), 110-119.

MOSER, H. and O. MOSER-EGG, "Physikalisch-chemische Gleichgewichte im Organismus," *Einzeldarstellungen a. d. Gesamtgeb. d. Biochemie* (Leipzig), 4 (1934).

MUMFORD, L., *The Myth of the Machine*, New York, Harcourt, Brace, 1967.

MURRAY, HENRY, "The Personality and Career of Satan," *Journal of Social Issuee*, 18 (1962), 36-54.

NAGEL, E., *The Structur of Science*, London, Routledge & Kegan Paul, 1961.

NAROLL, R. S., and L. von BERTALANFFY, "The Principle of Allometry in Biology and the Social Sciences," *General Systems*, 1 (1956), 76-89.

NEEDHAM, J., "Chemical Heterogony and the Groundplan of Animal Growth," *Biol. Rev.*, 9 (1934), 79.

NETTER, H., "Zur Energetik der stationären chemischen Zustände in der Zelle," *Die Naturwissenschaften*, 40(1953), 260-267.

———, *Theoretische Biochemie*, Berlin, Springer, 1959.

NEUMANN, J. von, "The General and Logical Theory of Automata," *Cerebral Mechanisms in Behavior*, L. A. Jeffries, editor, New York, Wiley, 1951.

———, and O. MORGENSTERN, *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton, Princeton University Press, 1947.

NUTTIN, JOSEPH, "Personality Dynamics," in *Perspectives in Personality Theory*, Henry David and Helmut von Bracken, editors, London, Tavistock, 1957.

OPLER, MARVIN, *Culture, Psychiatry and Human Values*, Springfield, Ill., Charles C. Thomas, 1956.

OSTERHOUT, W. J. V., "The Kinetics of Penetration," *J. Gen. Physiol.*, 16 (1933).

———, "Bericht Über Vorträge auf dem 14. Internationalen Kongress für Physiologie, Rom 1932," *Die Naturwissenschaften* (1933).

———, and W. M. STANLEY, "The Accumulation of Electrolytes," *J. Gen. Physiol.*, 15 (1932).

PARETO, V., *Cours de l,économie politique*, Paris, 1897.

PATTEN, B. C., "An Introduction to the Cybernetics of the Ecosystem: The Trophic-Dynamic Aspect," *Ecology*, 40 (1959), 221-231.

PIAGET, JEAN, *The Construction of Reality in the Child*, New York, Basic Books, 1959.

PRIGOGINE, I., *Etude thermodynamique des phénomènes*

irréversibles, Paris, Dunod, 1947.

———, "Steady States and Entropy Production," *Physica*, 31 (1965), 719-724.

PUMPIAN-MINDLIN, EUGENE, "Propositions Concerning Energetic-Economic Aspects of Libido Theory," *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 76 (1959), 1038-1052.

PÜTTER, A., "Studien zur Theorie der Reizvorgänge," I-VII, *Pflügers Archiv* 171, 175, 176, 180 (1918-20).

———, "Studien über Physiologische Aehnlichkeit, VI. Wachstumsähnlichkeiten," *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 180 (1920), 298-340.

QUASTLER, H. (ed.), *Information Theory in Biology*, Urbana, The University of Illinois Press, 1955.

RACINE, G. E., "A Statistical Analysis of the Size-Dependence of Metabolism Under Basal and Non-Basal Conditions," Thesis, University of Ottawa, Canada, 1953.

RAPAPORT, D., *The Structure of Psychoanalytic Theory*, Psychol. Issues, Monograph 6, 2 (1960), 39-64.

RAPOPORT, A., "Outline of a Probabilistic Approach to Animal Sociology," I-III, *Bull. Math. Biophys.*, 11 (1949), 183-196, 273-281; 12 (1950), 7-17.

———, "The Promise and Pitfalls of Information Theory," *Behav. Sci.*, I (1956), 303-315.

———, "Lewis F. Richardson's Mathematical Theory of War," *General Systems*, 2 (1957), 55-91.

———, "Critiques of Game Theory," *Behav. Sci.*, 4 (1959a), 49-66.

———, "Uses and Limitations of Mathematical Models in Social Sciences," *Symposium on Sociological Theory*, L. Gross, editor, Evanston, Illinois, Row, Peterson, 1959b, pp. 348-372.

———, *Fights, Games and Debates*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 1960.

———, "Mathematical Aspects of General Systems Theory," *General Systems*, 11 (1966), 3-11.

———, and W. J. HORVATH, "Thoughts on Organization Theory and a Review of Two Conferences," *General Systems*, 4 (1959), 87-93.

RASHEVSKY, N., *Mathematical Biophysics*, Chicago, The University of Chicago Press, 1938. 3rd. ed. 1960.

———, *Mathematical Biology of Social Behavior*, The University of Chicago Press, 1951.

———, "The Effect of Environmental Factors on the Rates of Cultural Development," *Bull. Math. Biophys.*, 14(1952), 193-201.

———, "Topology and Life: In Search of General Mathematical Principles in Biology and Sociology," *General Systems*, I (1956), 123-138.

REIK, H. G., "Zur Theorie irreversibler Vorgänge," *Annalen d. Phys.*, 11 (1953), 270-284, 407-419, 420-428; 13 (1953), 73-96.

RENSCH, B., *Neuere Probleme der Abstammungslehre*, 2nd edition, Stuttgart, Enke, 1954.

———, "Die Evolutionsgesetze der Organismen in naturphilosophischer Sicht," *Philosophia Naturalis*, 6(1961), 288-326.

REPGE, R., "Grenzen einer informationstheoretischen Interpretation des Organismus," *Giessener Hochschulblätter*, 6 (1962).

RESCIGNO, A., "Synthesis for Multicompartmental Biological Models," *Biochem. Biophys. Acta.*, 37(1960), 463-468.

———, and G. SEGRE, *Drug and Tracer Kinetics*, Waltham, Massachusetts, Blaisdell, 1966.

RIEGL, A., *Die Spätrömische Kunstindustrie, Nach den Funden in Österreich-Ungarn.* Wien, Hof-und Staatsdruckerei, 1901.

ROSEN, R., "A Relational Theory of Biological Systems," *General Systems*, 5 (1960), 29-44.

———, *Optimality Principles in Biology*, London, Butterworths, 1967.

ROSENBROCK, H. H., "On Linear System Theory," *Proceedings IEE*, 114 (1967), 1353-1359.

ROTHACKER, ERICH, *Die Schichten der Persönlichkeit*, 3rd edition, Leipzig, Barth, 1947.

ROTHSCHUH, K. E., *Theorie des Organismus*, 2nd edition, München, Urban/Schwarzenberg, 1963.

ROYCE, JOSEPH, R., *The Encapsulated Man*, New York, Van Nostrand, 1964.

RUESCH, J., "Epilogue," *Toward a Unified Theory of Human Behavior*, 2nd edition, R. R. Grinker, editor, New York, Basic Books, 1967.

RUSSELL, B., *Human Knowledge, Its Scope and Limits*, London, 1948.

SCHAFFNER, KENNETH F., "Antireductionism and Molecular Biology," *Science*, 157 (1967), 644-647.

SCHAXEL, J., *Grundzüge der Theorienbildung in der Biologie*, 2nd edition, Jena, Fischer, 1923.

SCHER, JORDAN, editor, *Theories of the Mind*, New York, The Free Press, 1962.

SCHILLER, CLAIRE, editor and translator, *Instinctive Behavior*, London, Methuen & Co., 1957.

SCHOENHEIMER, R., "*The Dynamic State of Body Constituents*, 2nd edition, Cambridge, (Mass.) Harvard University Press, 1947.

SCHULZ, G. V., "Über den makromolekularen Stoffwechsel der Organismen," *Die Naturwissenschaften*, 37 (1950), 196-200, 223-229.

———, "Energetische und statistische Voraussetzungen für die Synthese der Makromoleküle im Organismus," *Z. Elektrochem. angew. physikal Chem.*, 55 (1951), 569-574.

SCOTT, W. G., "Organization Theory: An Overview and an

Appraisal," in *Organizations: Structure and Behavior*, J. A. Litterer, editor, New York, John Wiley & Sons, 1963.

SELYE, H., *The Stress of Life*, New York, McGraw-Hill, 1956.

SHANNON, CLAUDE, and WARREN WEAVER, *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana, University of Illinois Press, 1949.

SHAW, LEONARD, "System Theory," *Science*, 149 (1965), 1005.

SIMON, H. A., "The Architecture of Complexity," *General Systems*, 10 (1965), 63-76.

SKINNER, B. F., " The Flight From the Laboratory," *Theories in Contemporary Psychology*, Melvin Marx editor, New York, The Macmillan Company, 1963.

SKRABAL, A., "Von den Simultanreaktionen," *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* (A), 77 (1944), 1-12.

———, "Die Kettenreaktionen anders gesehen," *Monatshefte für Chemie*, 80 (1949), 21-57.

SKRAMLIK, E. von, "Die Grundlagen der haptischen Geometrie," *Die Naturwissenschaften*, 22 (1934), 601.

SMITH, VINCENT E. (ed.), *Philosophical Problems in Biology*, New York, St. John's University Press, 1966.

SOROKIN, P. A., *Contemporary Sociological Theories*, (1928), New York, Harper Torchbooks, 1964.

———, *Modern Historical and Social Philosophies* (1950), New York, Dover, 1963.

———, "Reply to My Critics," *Pitirim A. Sorokin in Review*, Philip Allen, editor, Durham, Duke University Press, 1963.

———, *Sociological Theories of Today*, New York/London, Harper & Row, 1966.

SPENGLER, O., *Der Untergang des Abendlandes*, vol. 1, Munich, Beck, 1922.

SPIEGELMAN, S., "Physiological Competition as a Regulatory Mechanism in Morphogenesis," *Quart. Rev. Biol.*, 20(1945), 121.

SPRINSON, D. B., and D. RITTENBERG, "The Rate of Utilization of Ammonia for Protein Synthesis," *J. Biol. Chem.*, 180 (1949a), 707-714.

———, "The Rate of Interaction of the Amino Acids of the Diet with the Tissue Proteins," *J. Biol. Chem.*, 180(1949b), 715-726.

STAGNER, ROSS, "Homeostasis as a Unifying Concept in Personality Theory," *Psychol. Rev.*, 58 (1951), 5-17.

STEIN-BELING, J. von, "Über das Zeitgedächtnis bei Tieren," *Biol. Rev.*, 10 (1935), 18.

STOWARD, P. J., "Thermodynamics of Biological Growth," *Nature, Lond.*, 194 (1962), 977-978.

SYZ, HANS, "Reflection on Group -or Phylo-Analysis," *Acta Psychotherapeutica*, 11 (1963), Suppl., 37-88.

SZENT-GYÖRGYI, A., "Teaching and the Expanding Knowledge," *Science*, 146 (1964), 1278-1279.

TANNER, JAMES, and BÄRBEL INHELDER, editors, *Discussions on Child Development*, vol. 4, London, Tavistock, 1960.

THOMPSON, J. W., "The Organismic Conception in Meteorology," *General Systems*, 6 (1961), 45-49.

THUMB, NORBERT, "Die Stellung der Psychologie zur Biologie: Gedanken zu L. von Bertalanffy's *Theoretischer Biologie*," *Zentralblatt für Psychotherapie*, 15 (1943), 139-149.

TOCH, HANS, and ALBERT HASTORF, "Homeostasis in Psychology: A Review and Critique," *Psychiatry: Journal for the Study of Inter-Personal Processes*, 18 (1955), 81-91.

TOYNBEE, A., *A Study of History*, vol. IX, London and New York, Oxford University Press, 1954.

———, *A Study of History*, vol. XII, *Reconsiderations*, London, New York: Oxford U. Press, 1961 (Galaxy), 1964.

TRIBINO, S. E. M. G. de, "Una Nueva Orientación de la Filosofía Biológica: El Organicismo de Luis Bertalanffy, Primer premio 'Miguel cané,'", *Cursos y Conferencias* (Buenos Ai-

res), 28 (1946).

TRINCHER, K. S., *Biology and Information: Elements of Biological Thermodynamics*, New York, Consultants Bureau, 1965.

TSCHERMAK, A. von, *Allgemeine Physiologie*, 2 vols, Berlin, Springer, 1916, 1924.

TURING, A. M., "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem," *Proc. London. Math. Soc.*, Ser. 2, 42 (1936).

UEXKÜLL, J. von, *Umwelt und Imnenwelt der Tiere*, 2nd edition, Berlin, Springer, 1920.

———, *Theoretische Biologie*, 2nd edition, Berlin, Springer, 1929.

———, and G. KRISZAT, *Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen*, Berlin, Springer, 1934.

UNGERER, E., *Die Wissenschaft vom Leben. Eine Geschichte der Biologie, Bd. III*, Freiburg/München, Alber, 1966.

VICKERS, G., "Control, Stability, and Choice," *General Systems*, II (1957), 1-8.

VOLTERRA, V., *Leçons sur la Théorie Mathématique de la Lutte pour la Vie*, Paris, Villars, 1931.

WAGNER, RICHARD, *Probleme und Beispiele Biologischer Regelung*, Stuttgart, Thieme, 1954.

WAHL, O., "Neue Untersuchungen über das Zeitgedächtnis der Tiere," *Z. Vergl. Physiol.*, 16 (1932), 529.

WATT, K. E. F., "The Choice and Solution of Mathematical Models for Predicting and Maximizing the Yield of a Fishery," *General Systems*, 3 (1958), 101-121.

WEAVER, W., "Science and Complexity," *American Scientist*, 36 (1948), 536-544.

WEISS, P., "Experience and Experiment in Biology," *Science*, 136 (1962a), 468-471.

———, "From Cell to Molecule," *The Molecular Control of Cellular Activity*, J. M. Allen, ed., New York, 1962b.

WERNER, G., "Beitrag zur mathematischen Behandlung Pharmakologischer Fragen," *S. B. Akad. Wiss. Wien., Math. Nat. Kl.* 156 (1947), 457-467.

WERNER, HEINZ, *Comparative Psychology of Mental Development*, New York, International Universities Press, 1957a.

———, "The Concept of Development from a Comparative and Organismic Point of View," *The Concept of Development*, Dale Harris, editor, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1957b.

WHATMOUGH, J., "Review of Logic and Language (Second Series)," A. G. N. Flew, editor, *Classical Philology*, 50 (1955), 67.

WHITEHEAD, A. N., *Science and the Modern World*, Lowell Lectures (1925), New York, The Macmillan Company, 1953.

WHITTACKER, R. H., "A Consideration of Climax Theory: The Climax as a Population and Pattern," *Ecol. Monographs*, 23 (1953), 41-78.

WHORF, B. L., *Collected Papers on Metalinguistics*, Washington, Foreign Service Institute, Department of State, 1952.

———, *Language, Thought and Reality: Selected Writings of B. L. Whorf*, John Carroll, editor, New York, John Wiley & Sons, 1956.

WHYTE, LANCELOT, *The Unconscious before Freud*, New York, Basic Books, 1960.

WIENER, NORBERT, *Cybernetics*, New York, John Wiley & Sons, 1948.

WOLFE, HARRY B., "Systems Analysis and Urban Planning —The San Francisco Housing Simulation Model," *Trans. N. Y. Acad. Sci.*, Series II, 29:8 (June 1967), 1043-1049.

WOODGER, J. H., "The 'Concept of Organism' and the Rela-

tion between Embryology and Genetics." *Quart. Rev. Biol.*, 5/6 (1930-31), 1-3.

———, *The Axiomatic Method in Biology*, Cambridge. 1937.

WORRINGER, W., *Abstraktion und Einfühlung*, Munich, Piper, 1908.

———, *Formprobleme der Gotik*, Munich, Piper, 1911.

YOURGRAU, W., "General System Theory and the Vitalism-Mechanism Controversy," *Scientia* (Italy), 87 (1952), 307.

ZACHARIAS, J. R., "Structure of Physical Science," *Science*, 125 (1957), 427-428.

ZEIGER, K., "Zur Geschichte der Zellforschung und ihrer Begriffe," *Handb. d. Allgem. Pathol.*, F. Büchner, E. Letterer, and F. Roulet, editors, Bd. 2, T. 1, 1-16, 1955.

ZERBST, E., "Eine Methode zur Analyse und quantitativen Auswertung biologischer steady-state Übergänge," *Experientia*, 19 (1963a), 166.

———, "Untersuchungen zur Veränderung energetischer Fliessgleichgewichte bei physiologischen Anpassungsvorgängen," I, II, *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, 227 (1963b), 434-445, 446-457.

———, *Zur Auswertung biologischer Anpassungsvorgänge mit Hilfe der Fliessgleichgewichtstheorie. Habilitationsschrift*. Berlin, Freie Universität, 1966.

———, *Eine Analyse der Sinneszellfunktion mit Hilfe der von Bertalanffy-Fliessgleichgewichtstheorie*, Berlin, Freie Universität, (in press).

———, C. HENNERSDORF, and H. VON BRAMANN, "Die Temperaturadaptation der Herzfrequenz und ihre Analyse mit Hilfe der Fliessgleichgewichttheorie," 2nd International Biophysics Congress of the International Organization for Pure and Applied Biophysics, Vienna, Sept. 5-9, 1966.

ZUCKER., L., L. HALL, M. YOUNG, and T. F. ZUCKER, "Animal Growth and Nutrition, With Special Reference to

the Rat," *Growth*, 5 (1941a), 399-413.

———, "Quantitive Formulation of Rat Growth," *Growth*, 5 (1941b), 415-436.

ZUCKER, T. F., L. HALL, M. YOUNG, and L. ZUCKER, "The Growth Curve of the Albino Rat in Relation to Diet," *J. Nutr.*, 22 (1941), 123-138.

ZUCKER, L. and T. F. ZUCKER, "A Simple Weight Relation Observed in Well-Nourished Rats," *J. gen. Physiol.* 25 (1942), 445-463.

ZWAARDEMAKER, H., "Die im ruhenden Körper vorgehenden Energiewanderungen," *Erg. Physiol.*, 5 (1906).

———, "Allgemeine Energetik des tierischen Lebens (Bioenergetik)," *Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie*, I (1927).

深入研究的推荐读物

欲深入研究本书所述的一般系统论及其主要应用领域的读者可阅读以下著作。在诸如控制论、信息论、对策论、决策论、不可逆热力学、系统分析、系统工程等领域中的大量文献只能列举其中的一部分。

一般系统论、一般系统论的数学方面：

"Biologische Modelle," Symposium, *Nova Acta Leopoldina* (Halle, Germany), 1969. (Articles L. von Bertalanffy, H. Drischel, Benno Hess, etc.).

BOGUSLAW, W., *The New Utopians*, Englewood Cliffs (N. J.), Prentice-Hall, 1965.

BUCKLEY, W. (ed.), *Modern Systems Research for the Behavioral Scientist. A Sourcebook*, Chicago, Aldine Publishing Co., 1968.

General Systems, L. von Bertalanffy and A Rapoport (eds.), Society for General Systems Research, 2100 Pennsylvania Avenue, N. W., Washington, D. C., 15 vols. since 1956.

GORDON, Jr., Charles K., *Introduction to Mathematical Structures*, Belmont (Cal.), Dickenson, 1967.

JONES, R. D. (ed.), *Unity and Diversity*, Essays in Honor of Ludwig von Bertalanffy, New York, Braziller, 1969. (Articles A. Auersperg, W. Beier and R. Laue, R. Brunner, A. Koestler, A. Rapoport, R. B. Zuñiga, etc.).

KLIR, G. J., *An Approach to General Systems Theory*, Princeton (N. J.), Nostrand, 1968.

MACCIA, Elizabeth Steiner, and George S. MACCIA, *Development of Educational Theory Derived from Three Educational Theory Models*, Columbus (Ohio), The Ohio State University, 1966.

MESAROVIĆ, M. D., *Systems Research and Design; View on General Systems Theory*, New York, Wiley, 1961 and

1964; *Systems Theory and Biology*, New York, Springer-Verlag, 1968.

System Theory, Proceedings of the Symposium on, Brooklyn (N. Y.), Polytechnic Institute, 1965.

Texty ke studiu teorie řizeni. Řada: Teorie sys ms a jeji aplikace, Prague, Vysoka Škola Politická ÚV KSČ, 1966.

生物物理学方面：

BEIER, Walter, *Einführung in die theoretische Biophysik*, Stuttgart, G. Fischer, 1965.

BERTALANFFY, L. von, *Biophysik des Fliessgleichgewichts*, translated by W. H. Westphal, Braunschweig, Vieweg, 1953. Revised ed. in preparation.

BRAY, H. G. and K. WHITE, "Organisms as Physico-Chemical Machines," *New Biology*, 16 (1954) 70-85.

DOST, F. H., *Grundlagen der Pharmakokinetik*, 2. Aufl., Stuttgart, Thieme, 1968.

FRANKS, Roger G. E., *Mathematical Modeling in Chemical Engineering*, New York, Wiley, 1967.

Quantitative Biology of Metabolism, International Symposia, A. Locker and O. Kinne (eds.), Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, 9, 14 (1964), (1966).

RESCIGNO, Aldo and Giorgio SEGRE, *Drug and Tracer Kinetics*, Waltham (Mass.), Blaisdell, 1966.

YOURGRAU, Wolfgang, A. VAN DER MERWE and G. RAW, *Treatise on Irreversible and Statistical Thermophysics*, New York, Macmillan, 1966.

生物控制论方面：

BAYLISS, L. E., *Living Control Systems*, San Francisco, Freeman, 1966.

DISTEFANO, III, Joseph J., A. R. STUBBERUD, and I. J. WILLIAMS, *Schaum's Outline of Theory and Problems of Feedback and Control Systems*, New York, Schaum, 1967.

FRANK, L. K. *et al.*, *Teleological Mechanisms*, N. Y. Acad. Sc., 50 (1948).

GRODINS, Fred Sherman, *Control Theory and Biological Systems*, New York, Columbia University Press, 1963.

HASSENSTEIN, Bernhard, "Die bisherige Rolle der Kybernetik in der biologischen Forschung," *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 13 (1960) 349-355, 373-382, 419-424.

———, "Kybernetik und biologische Forschung," *Handbuch der Biologie*, L. von Bertalanffy and F. Gessner (eds.), Bd. I, Frankfurt a. M., Athenaion, 1966, pp. 629-730.

KALMUS, H. (ed.), *Regulation and Control in Living Systems*, New York, Wiley, 1966.

MILSUM, John H., *Biological Control Systems Analysis*, New York, McGraw-Hill, 1966.

WIENER, N., *Cybernetics*, New York, Wiley, 1948.

生态学及其有关领域：

BEVERTON, R. J. H., and S. J. HOLT, *On the Dynamics of Exploited Fish Populations, Fishery Investigation*, Ser. II, vol. XIX, London, Her Majesty's Stationery Office, 1957.

WATT, Kenneth E. F., (ed.), *Systems Analysis in Ecology*, New York, Academic Press, 1966.

心理学与精神病学方面：

BERTALANFFY, L. von, *Robots, Men and Minds*, New York, Braziller, 1967.

GRAY, W., N. D. RIZZO and F. D. DUHL (eds.), *General Systems Theory and Psychiatry*, Boston, Little, Brown, 1968.

GRINKER, Roy R. (ed.), *Toward a Unified Theory of Human Behavior*, 2nd ed., New York, Basic Books, 1967.

KOESTLER, A., *The Ghost in the Machine*, New York, Macmillan, 1968.

MENNINGER, K., with M. MAYMAN, and P. PRUYSER, *The*

Vital Balance, New York, Viking Press, 1963.

社会科学方面：

BUCKLEY, W., *Sociology and Modern Systems Theory*, Englewood Cliffs (N. J.), Prentice-Hall, 1967.

DEMERATH III, N. J., and R. A. PETERSON (eds.), *System, Change, and Conflict. A Reader on Contemporary Sociological Theory and the Debate over Functionalism*, New York, Free Press, 1967.

HALL, Arthur D., *A Methodology for Systems Engineering*, Princeton (N. J.), Nostrand, 1962.

PARSONS, Talcott, *The Social System*, New York, Free Press, 1957.

SIMON, Herbert A., *Models of Man*, New York, Wiley, 1957.

SOROKIN, P. A., *Sociological Theories of Today*, New York, London, Harper & Row, 1966.

补遗部分：

BEIER, W., *Biophysik*, 3rd edition. Leipzig: Georg Thieme, 1968.

BEIER, W. and W. LAUE. "On the Mathematical Formulation of Open Systems and Their Steady States." In *Unity Through Diversity*, loc cit, Book II.

BERTALANFFY, L. von, "Chance or Law." In *Beyond Reductionism*, loc cit.

BERTALANFFY, L. von, "The History and Status of General System Theory." In *Trends in General Systems Theory*, loc cit.

Beyond Reductionism. Edited by A. Koestler and J. R. Smythies. London, New York: Hutchinson, 1969.

HAHN, W., *Theory and Application of Liapunov's Direct Method*, Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1963.

HARVEY, D., *Explanation in Geography*. London: Arnold, 1969.

Hierarchical Structures, Edited by L. L. Whyte, A. G. Wil-

son and D. Wilson, New York: Elsevier, 1969.

Journal of General Systems. Edited by G. J. Klir and others. Starting 1972.

KOESTLER, A., "The Tree and the Candle." In *Unity Through Diversity*, loc cit, Book II.

LA SALLE, J. and S. LEFSCHETZ. *Stability by Liapunov's Direct Method*. New York, London: Academic Press, 1961.

LASZLO, E., "Systems and Structures—Toward Bio-Social Anthropology." In *Unity Through Diversity*, loc cit, Book IV.

LASZLO, E., *Introduction to Systems Philosophy*. London, New York: Gordon and Breach, in press.

MILLER, J. G., "Living Systems: Basic Concepts." In *General Systems Theory and Psychiatry*, loc cit.

MILSTEIN, M. and J. BELASCO, *Educational Administration of the Behavioral Sciences: A Systems Perspective*. Boston: Allyn and Bacon, in press.

ROSEN, R., "Two-Factor Models, Neural Nets in Biochemical Automata." *Journal of Theoretical Biology*, 15, (1967), 282-297.

ROSEN, R., *Dynamical System Theory in Biology*, Vol. I: *Stability Theory and its Applications*. New York: Wiley, 1970.

ROSEN, R., "A Survey of Dynamical Descriptions of Systems Activity." In *Unity Through Diversity*, loc cit, Book II.

SCHWARZ, H., *Einführung in die moderne Systemtheorie*. Braunschweig: Vieweg, 1969.

Systems Thinking. Edited by F. E. Emery. London: Penguin Books, 1969.

Trends in General Systems Theory. Edited by G. J. Klir. New York: Wiley, 1971.

Unity Through Diversity. A Festschrift in Honor of Ludwig von Bertalanffy. Edited by W. Gray and N. Rizzo.